Niveau(x) d'enseignement: 7 Numéro EDUQ : 8470680
Centre d'intérêt: 843

---

Jacob, Joseph.

Evaluation et validation d'un enseignement programmé en stoechiométrie : rapport de recherche / par Joseph Jacob. -- [Rouyn] : Collège de l'Abitibi-Témiscamingue, 1980.
v, 49 p. : graph. ; 29 cm.

Titre de la couv. Bibliogr.: p. [47]-49. Code: 99-8042.

ISBN 2-550-06364-3

---

Descripteur(s): *Chimie *Enseignement programmé *Evaluation de cours *Validité *Evaluation de l'enseignement *Collégial (Niveau)

Identificateur(s) de sujet: *Stoechiométrie

---

La stoechiométrie est la partie de la chimie qui étudie les proportions suivant lesquelles les corps réagissent. La connaissance du raisonnement stoechiométrique étant nécessaire pour réussir les cours de chimie du niveau collégial, l'auteur a conçu un enseignement programmé qui expose les notions de base de ce domaine aux étudiants. Le présent document rend compte d'une analyse expérimentale de l'efficacité de cette approche pédagogique.

La première partie porte sur l'évaluation du cours (au moyen de rencontres) par des experts en la matière (professeurs de chimie) et par un expert en enseignement programmé ainsi que sur une évaluation expérimentale auprès de quatre étudiants du cours de chimie d'appoint 202-211, rencontrés individuellement. La deuxième partie porte sur la validation qui a été faite auprès de 114 étudiants (67 dossiers complets); ils ont été soumis d'abord à un pré-test, ensuite au programme, enfin à un post-test.

Avec un gain relatif global de 0,86, un temps d'apprentissage fort proche de celui de l'enseignement traditionnel et malgré quelques restrictions, on peut estimer que, par rapport aux analyses de performance, les éléments programmés de l'algorithme stoechiométrique sont opérationnels. Il apparaît aussi qu'un fort pourcentage d'étudiants ont exprimé leur satisfaction à l'endroit de ce type d'apprentissage.

---

Type de document: r
Région(s) administrative(s): 08
Financement: Bénéficiaire - Collège de l'Abitibi-Témiscamingue
Organisme(s) source(s) - MEQ-DGEC
Programme(s) de subvention - PROSIP

---

# EVALUATION ET VALIDATION D'UN ENSEIGNEMENT PROGRAMME EN STOECHIOMETRIE

RAPPORT DE RECHERCHE

PAR
JOSEPH JACOB

COLLEGE DE L'ABITIBI-TEMISCAMINGUE
1980

99-8042

ISBN 2-550-06364-3
*Dépôt légal, premier trimestre* 1984
*Bibliothèque national du Québec*

Cette recherche a été subventionnée par la Direction générale de l'enseignement collégial dans le cadre du programme de subvention à l'innovation pédagogique.

On peut se procurer des copies de
ce rapport en s'adressant au:

Collège de l'Abitibi-Témiscamingue
Directeur des Services pédagogiques
M. Pierre Falardeau
425 boul. du Collège
C.P.1500
Rouyn (Québec)
J9X 5E5
Tél. (819) 762-0931

# REMERCIEMENTS

Cette recherche a été subventionnée par la Direction générale de l'enseignement collégial dans le cadre de son programme de subvention à l'innovation pédagogique.

Entre le moment où je redécouvrai qu'un test à questions très fractionnées pouvait être une méthode d'apprentissage de dernière heure, et la parution du document dont je rédige aujourd'hui le rapport de recherche, approximativement cinq années se sont écoulées. Seul et mettant toujours en balance l'importance du but poursuivi avec la quantité d'énergie à mobiliser, le tout serait resté à l'état de projet. Fort heureusement un certain nombre de personnes contribuèrent à des degrés divers à transformer les quelques balbutiements épars du début en un discours que l'on espère cohérent. C'est l'importance de cette contribution que je tiens ici à souligner.

Avec l'aboutissement d'un projet similaire, ma femme obtenait de ses étudiants en sciences pures et sciences de la santé un taux de réussite très exceptionnel, au niveau d'un contenu réputé pour son aspect fortement discriminatoire. Il y avait donc là un exemple fort heureux qu'il eut été dommage de ne pas suivre; c'est ce que je fis, tout en espérant que l'algorithme stoechiométrique programmé ne souffrirait pas trop de la comparaison avec son homologue biologique.

Bien que me laissant carte blanche, mes collègues en chimie ne ménagèrent ni leurs conseils, ni leurs encouragements pour que soit construit un outil qui devrait accroître l'efficacité pédagogique du département.

Soucieux de recenser et d'exploiter au maximum, les innovations pédagogiques du collège, le conseiller en recherche et expérimentation

et le Directeur des services pédagogiques du collège du Nord-Ouest surent respectivement, par leur extrême disponibilité et leur parrainage, sortir de l'incognito le projet départemental.

Rien n'aurait été possible si le jury de sélection des projets n'avait pris le risque d'avaliser ma demande. J'aimerais lui manifester ma reconnaissance en ne le décevant pas.

En consommateurs avertis, les étudiants ayant participé aux phases expérimentales d'évaluation et de validation ont mis en lumière d'une façon impitoyable tous les défauts et les vices de construction d'un produit que l'on pouvait croire fini.

Toute aussi bénéfique fut l'intervention de l'expert en enseignement programmé qui sut localiser parallèlement les structures qui trahissaient les objectifs opérationnels visés.

Enfin, débarrassant le texte de toutes les incertitudes calligraphiques, la secrétaire sut s'acquitter avec beaucoup de brio de son long et fastidieux travail de copiste.

J'adresse à toutes les composantes de ce ressourcement humain mes plus profonds remerciements pour l'aide qu'elles ont su m'apporter.

Joseph Jacob
Département de Chimie
Collège du Nord-Ouest

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION . . . . . 1

EVALUATION . . . . . 3

1. Evaluation des experts en la matière. 3
2. Evaluation par un expert en enseignement programmé. 4
3. Conditions de déroulement de l'évaluation expérimentale. 5
4. Remédiations consécutives à l'évaluation. 7

VALIDATION . . . . . 10

1. Critères de sélection du groupe validation. 10
2. Calendrier et conditions de déroulement de la validation expérimentale. 11
3. Résultats généraux et définitions des paramètres. 13
4. Analyse des résultats généraux et performance globale du programme. 15
5. Etude de relations entre les trois composantes: pretest, programme, post-test. 18
6. La passation du programme - erreurs aux items - difficultés, remarques, commentaires. 40

CONCLUSION . . . . . 45

BIBLIOGRAPHIE . . . . . 47

ANNEXE I . . . . . 51

ANNEXE II . . . . . 55

# INTRODUCTION

A l'origine de tout, un constat navrant: à quelques rares exceptions près, l'étudiant qui aborde le niveau collégial ne maîtrise absolument pas l'algorithme de résolution des problèmes de stoechiométrie de base. Or, la connaissance du raisonnement stoechiométrique, nécessaire pour éviter de fréquents blocages dans la plupart des cours de chimie tant au niveau du cours théorique que du laboratoire, ne constitue pas dans le cadre collégial un objectif prioritaire.

Il m'apparut donc nécessaire d'intervenir, en fournissant à chaque étudiant, quel que soit son passé scolaire, le viatique nécessaire pour l'assurer d'un bon départ. Ce reconditionnement pour qu'il soit opérant devait être renforçant et respecter le rythme individuel d'apprentissage; c'est pourquoi je me tournai vers l'enseignement programmé dont la micro-graduation et la structure séquentielle permettent l'atteinte progressive d'objectifs cognitifs de niveau élevé.

Je produisais ainsi un programme dont il me restait à tester l'efficacité: cette analyse expérimentale de l'efficacité intrinsèque du dit programme sera exposée dans le présent rapport.

Cette analyse repose sur deux étapes principales, chacune de celles-ci comportant une phase cueillette et une phase exploitation des données, celle-ci se focalisant toujours sur le même objectif: maximiser le rendement opérationnel du programme.

Première étape: l'évaluation; 4 volets: évaluation par un expert en enseignement programmé, évaluation par les experts en la matière, évaluation par un groupe restreint d'étudiants en contact verbal

permanent avec l'auteur du programme, réajustements du programme à la suite des confrontations précédentes.

Deuxième étape: la validation; le document est soumis à une population normale d'étudiants (plus de 60 individus), dont les résultats sont exprimés en termes de performance relative et analysés; après le verdict numérique on procède aux dernières remédiations.

Après cette lente progression le long du banc d'essais, le produit obtenu pourra-t-il être considéré comme satisfaisant?
Ce sera là l'objet de notre conclusion.

# EVALUATION

## 1 - EVALUATION DES EXPERTS EN LA MATIERE

Tous les professeurs de chimie ayant été à des degrés divers confrontés avec les difficultés rencontrées par les étudiants au chapitre de la stoechiométrie, il importait de connaître leur avis sur l'approche utilisée.

Outre l'aspect technique, la détection des erreurs, des oublis au niveau du contenu ne pouvait être menés à bien que par ceux qui avaient dû dispenser ce même contenu.

Je demandai donc aux différents enseignants du département de chimie de lire le programme et d'accompagner cette lecture de toutes les remarques qui leur sembleraient pertinentes.

L'évaluation critique permit de cerner les points suivants:

1-1: dans une unité d'enseignement aussi aride que la stoechiométrie, il importait, bien sûr, d'émailler l'ensemble d'exemples numériques accrocheurs, de faire un peu de sensationnalisme; mais peut-être, puisqu'il s'agissait de répits ou d'entractes culturels, il eût été plus approprié de les situer hors du cadre d'un exercice afin de mieux permettre à l'étudiant de "souffler".

1-2: les retombées de ce programme doivent par le biais de travaux dirigés et de travaux pratiques traitant de stoechiométrie, tant dans les cours 202-101 que 202-201, être utilisées au maximum. De plus, ce qui est applicable au général, doit l'être à fortiori avec les cours d'analyse dispensés aux étudiants en techniques minières.

1-3: pour qu'un étudiant soit sécurisé lors de la résolution d'un exercice d'auto-contrôle sans indice, il lui faut trouver la même réponse que celle qui figure à la fin de l'énoncé du problème. On doit donc, au niveau des calculs, se fixer un nombre bien déterminé de chiffres significatifs. Les masses atomiques intervenant dans tout calcul stoechiométrique et figurant dans tout énoncé traitant de stoechiométrie, il importait donc de fixer la signification numérique à partir de ces valeurs omniprésentes. Or, le guide pédagogique relatif au système international d'unités, publié par le Ministère de l'éducation du Québec donne dans son annexe H les masses atomiques relatives arrondies à 3 chiffres. En conséquence, nous demandons à l'étudiant tant dans les pré et post tests que dans le programme de ne conserver lors des approximations numériques que 3 chiffres significatifs.

Il importe ici de signaler que le respect de cette règle ne faisant dans le cadre du programme, l'objet d'aucun objectif spécifique, le barême de notation des pré et post tests ne saurait faire intervenir cette dimension.

## 2- EVALUATION PAR UN EXPERT EN ENSEIGNEMENT PROGRAMME

Le contenu avait été délimité; des objectifs généraux puis des objectifs spécifiques furent énoncés; à partir de ces derniers étaient apparus des comportements élémentaires terminaux, branches ultimes des arbres de Le Xuan; les matrices de Morganov et de Davies avaient hiérarchisé et organisé les comportements les uns par rapport aux autres. Un test sur les prérequis, un prétest et un post-test axés sur les objectifs spécifiques encadraient le programme. Il n'en restait pas moins que le programmateur était un néophyte en la matière. En conséquence le conseiller en recherche et expérimentation du collège du Nord-Ouest fit appel à un expert en enseignement programmé. Ce

dernier, M. Marc Champagne consultant en pédagogie universitaire a bien voulu accepter de contrôler la cohérence interne de l'ensemble.

On trouvera en annexe I ses commentaires généraux. L'échéancier initial prévoyait que l'intervention de l'expert en enseignement programmé se situerait après l'évaluation expérimentale par les étudiants; or, il n'en fut rien; le document programmé que l'expert dut étudier fut le même que celui proposé aux étudiants évaluateurs. Ce parallélisme d'étude fut finalement fort instructif et rassurant car presque toutes les remédiations que m'imposaient les étudiants coïncidaient avec les suggestions de M. Marc Champagne.

C'était là une enthousiasmante confirmation toute à l'honneur du savoir-faire de l'expert consulté.

## 3- CONDITIONS DE DEROULEMENT DE L'EVALUATION EXPERIMENTALE

Il s'est agit d'abord de sélectionner 4 étudiants; ceux-ci devaient approximativement répondre aux caractéristiques suivantes:

- avoir rencontré quelques difficultés dans les cours de chimie;
- avoir envie de surmonter ces difficultés;
- savoir lire correctement mais pas entre les lignes;
- être suffisamment expansifs pour signaler rapidement à l'auteur du programme les blocages éventuels.

Nous choisîmes ces 4 cobayes parmi les étudiants inscrits au cours de chimie d'appoint 202-111. Leur contribution fut extrêmement précieuse.

Dans un local tranquille aux caractéristiques physiques non dissipatrices, je rencontre le premier étudiant:

- passage du test sur les prérequis; correction orale avec commentaires et informations pour combler les éventuelles carences.

- Nous abordons le programme; l'étudiant travaille seul, discrètement j'attends ses remarques que je note aussitôt.

Cette première compilation des erreurs, des atermoiements, des incertitudes de l'étudiant me permet de détecter d'éventuelles zones d'achoppement dans mon programme.

Ces rencontres s'échelonnent sur 1 à 2 semaines selon le degré de disponibilité de l'étudiant.

Ensuite, l'instant de vérité: le post-test. Lors de la correction de ce dernier je note toute erreur stoechiométrique de fond.

- Pour le 2ème étudiant, c'est exactement le même processus mais cette fois-ci, quand intervient la compilation des erreurs, toute répétition de la même erreur tant au niveau des items d'apprentissage, de contrôle ou du post-test, entraîne des remaniements.

On procède donc aux retouches et aux remédiations nécessaires avant le passage du 3ème étudiant.

- Celui-ci dans les meilleures conditions ne chute plus dans les endroits où échouaient ses prédécesseurs et il confirme souvent des erreurs commises par le 2ème étudiant, d'où de nouveaux changements dans le programme.

- Le 4ème étudiant n'a pas étudié tout le programme; on a limité son action au niveau des types d'exercices qui avaient subi des modifications assez profondes afin qu'il confirme la validité des changements intervenus.

Cet harassant processus teinté de masochisme ayant pris fin, on a estimé que le programme était prêt à subir l'épreuve suivante:

la validation. Avant d'exposer la nouvelle moisson d'informations fournie par cette étape, examinons ce qu'a apporté la phase évaluative.

## 4- REMEDIATIONS CONSECUTIVES A L'EVALUATION

4.1 Remédiations mineures: exercices de type I, III, IV et méthode algébrique d'équilibration; on a modifié la rédaction de certains items et de quelques objectifs, rendue plus claire la formulation de certains exercices, mais aucun changement profond n'est intervenu. On sent bien notamment pour l'exercice de type I que c'est insuffisant, mais le caractère très dispersé des erreurs commises ne permettait pas avec une aussi faible population, de trouver tout de suite la parade.

4.2 Remédiations pour l'exercice de type II

Deux erreurs consécutives au niveau d'un item de contrôle particulièrement important, firent que l'on remodifia toute l'approche permettant à un étudiant de distinguer le réactif en excès du réactif limitant. Sitôt testée cette nouvelle tactique s'avéra efficace.

Dès le 2ème étudiant, il apparut que l'application numérique des pourcentages laissait à désirer; toute la section traitant de cette dimension fut totalement réécrite mais elle ne put être mise en application qu'avec le 4ème étudiant. Ce dernier la trouva longue mais il résolut rapidement les exercices de contrôle. Cependant bien que les réponses finales obtenues soient exactes, je notai déjà chez cet étudiant une fâcheuse tendance à trahir la signification du pourcentage en ne le combinant pas exactement avec les données numériques

qui lui correspondaient. Etait-ce là une tendance fort répandue, ou s'agissait-il d'un cas particulier?

La validation me fournit la réponse car ce type d'erreur apparut dans 51% des cas; d'où la nouvelle présentation des solutions parallèles.

4.3 Reméditations pour l'exercice de type V

Pour ce type d'exercice le scénario était invariablement le même: une complétion sans histoire de la section d'apprentissage, suivie d'un auto-contrôle trébuchant et d'un post-test peu reluisant.

Une conclusion évidente s'imposait: l'étudiant se laisse mener dans les méandres de la solution mais la présentation programmée de cette dernière est telle qu'il n'intègre pas le processus de résolution dont l'élément essentiel est une mise en équation du problème.

Après passage du 2ème étudiant, j'ajoutais avec le même exercice une autre façon d'algébriser en changeant l'inconnue et une section d'auto-contrôle constituée de 3 exercices, 2 avec une assistance de plus en plus discrète et le 3ème sans aucun indice. Peine relativement perdue; les progrès restant fort peu spectaculaires au niveau du 3ème étudiant.

De guerre lasse, je repartai totalement à zéro. Puisque l'étudiant devait mémoriser la solution il fallait impressionner au maximum son aire visuelle. En conséquence, j'optai pour la présentation suivante:

- 3 exercices différents accompagnés de leur solution complète; chacune d'elles, même si les données différaient était présentée selon la même disposition, le même graphisme, la même structure, la même ossature;

- ensuite 3 nouveaux exercices, avec dans le plan de la feuille, les grandes lignes architecturales mais des espaces blancs de plus en plus nombreux et que l'étudiant devait compléter;

- finalement 2 exercices d'auto-contrôle sans aucun indice.

Fébrilement j'utilisai ma dernière ressource estudiandine qui ne me déçut point; le schéma de résolution fut parfaitement complété et les 2 exercices terminaux furent résolut sans aucune difficulté.

La validation expérimentale devait largement conforter ces heureuses prémices, puisque pour l'exercice de type V on obtint le gain relatif le plus élevé alors que traditionnellement le progrès restait dérisoire.

# VALIDATION

## 1 - CRITERES DE SELECTION DU GROUPE VALIDATION

Cent quatorze (114) étudiants ont passé le post-test; seuls 67 étudiants ont été conservés pour l'expression des résultats. Quels ont été les critères de sélection?

Etait considéré comme sujet valable tout étudiant:

- qui avait totalement complété le programme, notamment au niveau des items de contrôle dès que sa note de prétest l'exigeait;
- qui n'avait pas participé aux premiers essais du programme;
- qui avait subi l'épreuve du pré-test;
- qui avait passé le post-test à la date et à l'heure fixées.

Il ne s'agissait pas ici de ne s'assurer que du concours des meilleurs, mais devant tester l'efficacité d'un outil pédagogique, il m'a semblé normal d'éliminer tout étudiant qui ne jouait pas totalement le jeu à l'intérieur des limites de temps fixées.

A titre indicatif, si tous les étudiants ayant passé le prétest, ayant eu entre les mains le programme et ayant passé le post-test, avaient été utilisés pour l'expression des résultats, on aurait obtenu:

| Prétest | | Post-test | | Gains | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{X}_p$ | = 19,1 | $\overline{X}_p$ | = 80,2 | Absolu: | 61,1 |
| $\sigma_p$ | = 17,8 | $\sigma_p$ | = 22,8 | Relatif: | 0,76 |

La population reste naturellement hétérogène, mais le progrès réalisé (0,76) est fort satisfaisant.

## 2 - CALENDRIER ET CONDITIONS DE DEROULEMENT DE LA VALIDATION EXPERIMENTALE

Après accord avec les différents professeurs concernés, la validation expérimentale fut administrée de la façon suivante:

Dès la 1ère semaine de la 2ème session je rencontrai lors de la séance de travaux pratiques (supprimée pour l'occasion) les différents groupes d'étudiants concernés par la validation.

Après un bref exposé expliquant les motifs de mon intervention et le travail que l'on attendait d'eux, je leur administrai le prétest (110-130 mn).

La semaine suivante, durant une période de cours magistral, chaque étudiant se voyait remettre: les feuilles du programme ainsi que les feuilles-réponses qui s'y rattachent; en outre, la réception de la page de garde de son prétest lui permettait de connaître le détail de ses notes pour les différentes rubriques stoechiométriques, les principales erreurs commises et les portions du programme sur lesquelles une amphase particulière devrait être mise.

J'exposai ensuite les principes pédagogiques sur lesquels reposent l'enseignement programmé, la structure du programme, le temps d'étude nécessaire, le rythme individuel, etc.

A partir de la note du prétest (diagnostic souvent sévère), du fait que seule la note du post-test intervenait dans l'établissement de la note finale de session, du principe de non élitisme de la méthode programmée, de la performance que le programme est censé réaliser, je tentai de créer un certain enthousiasme. Finalement, rendez-vous était pris pour le post-test la semaine suivante.

Pour le post-test tous les étudiants sont réunis un soir dans le même auditorium. On ne se fixe pas de limite de temps.

Pendant que les étudiants mettent en application les techniques de résolution et que les calculatrices assurent les basses besognes, on ramasse les feuilles-réponses du programme.

Naturellement aucun document n'est autorisé.

Au tableau on indique que dans 2-3 semaines les résultats du post-test, accompagnés d'une étude de la performance du groupe, seront affichés.

Pour chaque étudiant remettant son post-test on enregistre le temps de passation.

Remarques

- La présentation du programme en début de session a permis aux étudiants de s'y consacrer presqu'entièrement, puisque les autres matières n'exigeaient pas encore d'eux trop de travail.

- Durant la 2ème et la 3ème semaine, les étudiants soumis au programme ont été dispensés de laboratoire, ce qui correspond en nombre d'heures de travail à un dégrèvement de 10 heures (4 heures de manipulation + 6 heures de rédaction de rapport), temps moyen approximatif d'étude du programme.

- Sitôt que les prétests sont remis par les étudiants, il faut absolument s'astreindre à les corriger immédiatement afin que chaque étudiant sache exactement où il en est en stoechiométrie avant de commencer l'étude du programme.

- Même si cela n'a pas été fait pour cette validation, il est conseillé de commencer en classe avec les étudiants l'étude du programme (3 à 5 heures) et de les laisser ensuite terminer chez eux ou en d'autres lieux.

- A cause de l'étroit parallélisme entre le prétest et le post-test, et afin d'éviter une mémorisation qui fausserait la mesure réelle de l'apport du programme, on ne doit pas remettre aux étudiants le prétest corrigé en entier. Les annotations, remarques, notes, sont transcrites sur une feuille à part ou sur la page de garde, et elles seules sont remises à chaque étudiant.

## 3 - RESULTATS GENERAUX ET DEFINITIONS DES PARAMETRES

Tableau des résultats — N = 67 étudiants

| Sections du programme | $\bar{X}_p$ | $\sigma_p$ | $\bar{X}_p$ | $\sigma_p$ | $\bar{G}_a$ | $\bar{G}_r$ | $\bar{t}a$ mn | $\bar{t}r$ mn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Exercice de type I | 6,70 | 6,43 | 14,7 | 4,02 | 7,95 | 0,70 | 70 | 18 |
| Méthode algébrique d'équilibration | 2,13 | 3,68 | 9,20 | 2,67 | 7,07 | 0,90 | 60 | 15 |
| Exercice de type II | 4,90 | 5,68 | 15,4 | 3,59 | 10,5 | 0,80 | 200 | 30 |
| Exercice de type III | 4,43 | 5,35 | 15,8 | 3,33 | 11,3 | 0,83 | 45 | 15 |
| Exercice de type IV | 3,78 | 5,58 | 16,8 | 3,63 | 13,1 | 0.92 | 35 | 20 |
| Exercice de type V | 2,61 | 3,77 | 17,3 | 1,95 | 14,7 | 0,95 | 40 | 22 |
| Résultats de l'ensemble | 24,6 | 20,2 | 89,1 | 12,8 | 64,6 | 0,86 | 650 | 130 |

Définitions des paramètres

$X$ : note d'un étudiant au prétest.

$\overline{X}$ : note moyenne obtenue par le groupe au prétest.

$\sigma_{\overline{p}}$ : écart-type au prétest.

$X_p$ : note d'un étudiant au post-test.

$\overline{X}_p$ : note moyenne obtenue par le groupe au post-test.

$\sigma_{\overline{p}}$ : écart-type du post-test.

$Ga = X_p - X_p$ : gain absolu d'un étudiant.

$\overline{Ga} = \overline{X}_p - \overline{X}_p$ : gain absolu moyen du groupe.

$Gr = \frac{Ga}{X_M - X_p}$ : gain relatif d'un étudiant.

$X_M$ : note maximale obtenue au post-test.

$\overline{Gr} = \frac{\overline{Ga}}{X_M - \overline{X}_p}$ : gain relatif moyen du groupe.

Ta : temps d'apprentissage d'un étudiant.

$\overline{Ta}$ : temps moyen d'apprentissage du groupe.

Nota: pour chaque section d'apprentissage, Ta n'inclue pas le temps consacré à la résolution sans indice des exercices d'auto-contrôle.

Pour l'ensemble du programme, Ta correspond au temps total de lecture du programme, de la première à la dernière ligne, puisque le contrôle global sans indice sera cette fois-ci le post-test.

Tr : temps que consacre un étudiant à la résolution d'un exercice d'auto-contrôle sans indice, ou temps mis par ce même étudiant à résoudre tous les exercices du post-test.

$\overline{Tr}$ : temps moyen de résolution du groupe, au niveau de chaque exercice d'auto-contrôle sans indice ou au niveau du post-test.

## 4 - ANALYSE DES RESULTATS GENERAUX ET PERFORMANCE GLOBALE DU PROGRAMME

### 4.1 Description de la prestation du groupe

Soixante-sept (67) étudiants après 120 mn de prétest obtiennent une moyenne de 24,6 avec un écart-type de 20,2; 10-11 heures d'étude échelonnées sur une semaine leur permettent en 130 mn de faire passer la moyenne à 89,1 et de réduire l'écart-type à 12,8, réalisant ainsi un gain absolu de 64,6 points et un progrès correspondant à 86% du chemin qui les aurait tous menés à la note maximale de 100/100.

Nota: on trouvera en annexe II, pour quelques étudiants les détails individuels de validation.

### 4.2 Relativité des résultats précédents

Par rapport à l'enseignement traditionnel de la stoechiométrie:

$\overline{X}_{pt} = 24$ $\quad \overline{X}_p = 51$ $\quad \overline{G}_a = 27$

$\sigma_{pt} = 20$ $\quad \sigma_p = 21$ $\quad \overline{G}_r = 0,36$

$\overline{T}_a \simeq 8$ heures $\triangleq$ 3 heures de travail personnel préparatoire } échelonnées
2 heures de travaux dirigés } sur 2-3
3 heures de révision } semaines

Par rapport aux hypothèses de performance du programme (voir présentation du projet pages 12, 13, 14).

Hypothèses: $\overline{G}_r$ : 040 - 0,45 $\sigma$ : 10-15

L'écart-type tombe exactement dans la fourchette prévue. Quant au $\overline{G}_r$ dont la valeur avait été tirée des études de Mac Guigan, on peut estimer que le seuil fixé était un peu bas puisque l'enseignement traditionnel parvient à un $\overline{G}_r$ de 0,36. C'est pourquoi dans le rapport d'étape (page 2), j'avais actualisé les hypothèses de performance en les fixant respectivement à 10 (environ) et 0,63.

4.3 L'homogénéisation du groupe

Par vocation l'enseignement programmé n'est pas discriminatoire. Quand ce même enseignement s'attache à un prérequis de connaissance absolu, comme l'est la stoechiométrie pour la plupart des cours de chimie, il se doit donc d'être homogénéisateur à double titre.

Intrinsèquement nous avons (en arrondissant):

$\overline{X}_{pr} = 24$ ou $\dfrac{\overline{X}_{pr} - \sigma_{pr}}{\overline{X}_{pr}} = \dfrac{1}{6} = 0,17$

$\sigma_{pr} = 20$

$\overline{X}_p = 89$ ou $\dfrac{\overline{X}_p - \sigma_p}{\overline{X}_p} = 0,85$

$\sigma_p = 13$

Lors du prétest un étudiant qui se situe à $-1\sigma$ de la moyenne a donc une note 6 fois plus faible que celle d'un étudiant central; ou, si ce dernier obtient comme note 10, l'étudiant dont le score-type est -1, n'obtient que 1,7. Lors du post-test en supposant que la note moyenne soit encore 10, pour des fins de comparaison d'homogénéité, l'étudiant qui aurait obtenu 1,7 lors du prétest obtiendrait maintenant 8,5. L'écart entre les 2 étudiants a donc considérablement diminué.

Par rapport à l'enseignement traditionnel nous avons:

$\bar{X}_p = 51$ ou $\frac{\bar{X}_p - \sigma_{\bar{p}}}{\bar{X}_p} = 0,59$

$\sigma_{\bar{p}} = 21$

Cette fois-ci, l'étudiant score-type -1 n'obtient plus 8,5 mais 6. L'enseignement traditionnel a lui aussi abaissé l'écart entre les 2 étudiants, mais le rapprochement est moins marqué que dans l'enseignement programmé.

L'homogénéisation ou la centralisation sont-elles satisfaisantes? Il faut bien finir par l'avouer, il y a, au niveau du $\sigma$ une certaine amertume. Mi pragmatiquement, mi optimistiquement ce qui était espéré c'était $\sigma \leqslant 10$. Cette frustration a donc entraîné la recherche de "boucs émissaires" parmi les étudiants à faible rendement. Deux parmi ces derniers avec des notes de 21 et 43, pouvaient donc être momentanément écartés du groupe pour un recalcul de la moyenne et de l'écart-type.

Nota: ces étudiants ayant apparemment complété, selon tout le sérieux possible le programme, ne sauraient naturellement être éliminés définitivement de notre étude.

Avec 65 étudiants plus performants et moins dispersés on obtient: $\bar{X}_p = 90,9$ $\sigma_{\bar{p}} = 7,61$

Une chute aussi spectaculaire (et aussi réjouissante) de l'écart-type démontre la marginalité de ces 2 étudiants dont l'incidence sur la dispersion est énorme.

4.4 Autre mode d expression de la performance du programme; la règle 80/80.

| | Prétest | Post-test |
|---|---|---|
| Pourcentage d'étudiants dont la note est $\geqslant 90$ | 1,5% | 57% |
| Pourcentage d'étudiants dont la note est $\geqslant 80$ | 3% | 87% |

| | | Prétest | Post-test |
|---|---|---|---|
| Pourcentage d'étudiants dont la note est | 70 ⩾ | 3% | 96% |
| Pourcentage d'étudiants dont la note est | 60 < | 94% | 3% |

Avec 87% des étudiants ayant une note ⩾ 80, on satisfait donc aisément à la règle 80/80 de Gavini.

## 5 - ETUDE DE RELATIONS ENTRE LES TROIS COMPOSANTES: PRETEST, PROGRAMME, POST-TEST.

### 5.1 Gain relatif et temps d'apprentissage (valeurs individuelles)

La question à débattre est la suivante: est-ce que le temps d'apprentissage individuel Ta, a une influence positive, négative ou nulle sur la performance au post-test, cette dernière étant exprimée par le gain relatif Gr?

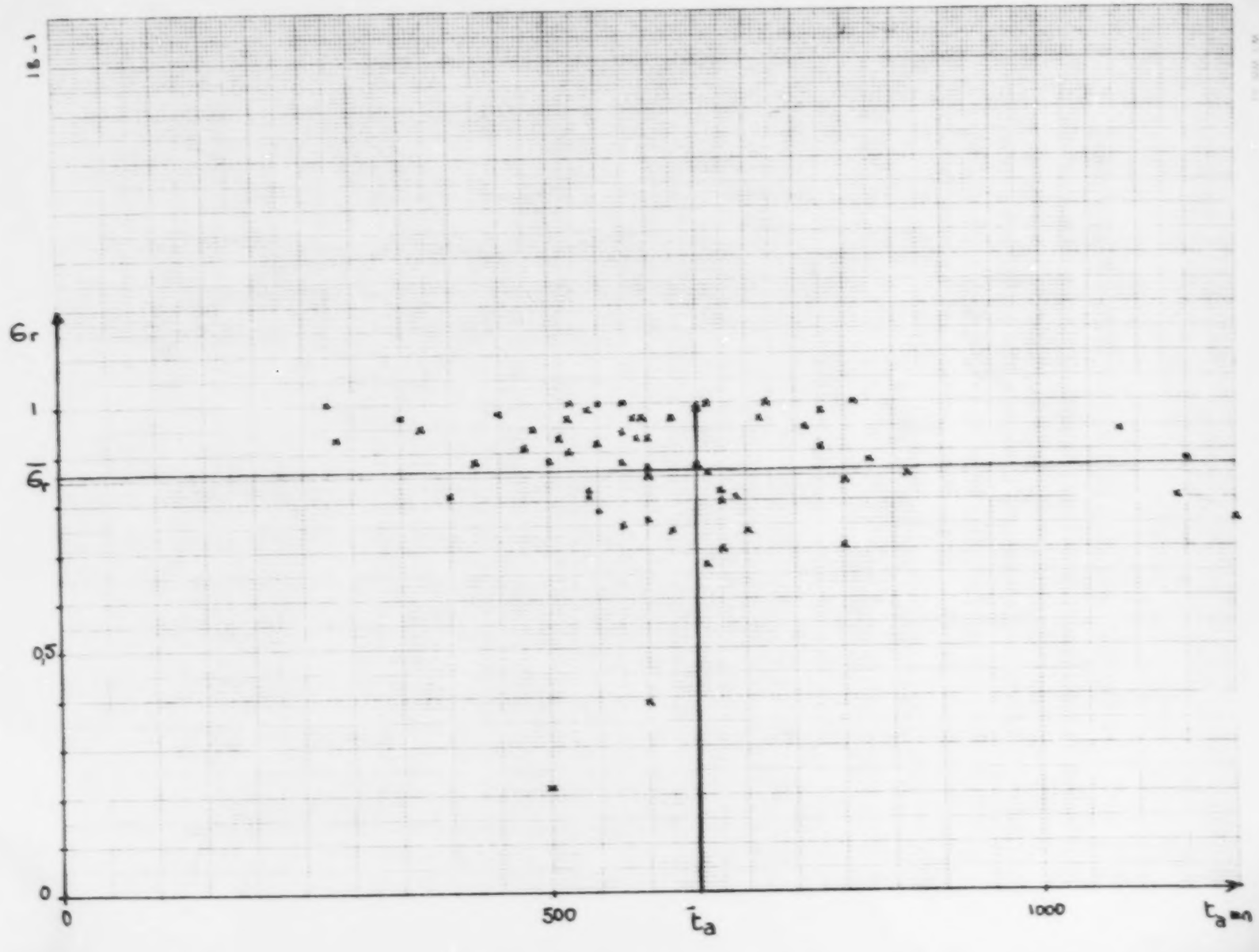
On peut aussi se poser la question: "Existe-t-il un temps d'apprentissage optimal, au-delà duquel il y a stabilisation du Gr, ou décroissance?" La réponse à ces questions devrait résider dans l'étude de la répartition des points représentant les valeurs simultanées Ta et Gr de chaque étudiant, dans un système de coordonnées cartésiennes où Gr serait l'ordonnée et Ta l'abscisse.

Répartition des valeurs Gr, Ta pour l'ensemble du programme.

Représentation graphique (voir feuille )

Commentaires: il n'y a pas une réelle homogénéité de distribution des points; pour nous en convaincre, partageons cette répartition en 4 secteurs à partir des valeurs moyennes $\overline{T}_a$ et $\overline{G}_r$, et calculons les pourcentages d'étudiants présents dans chaque secteur.

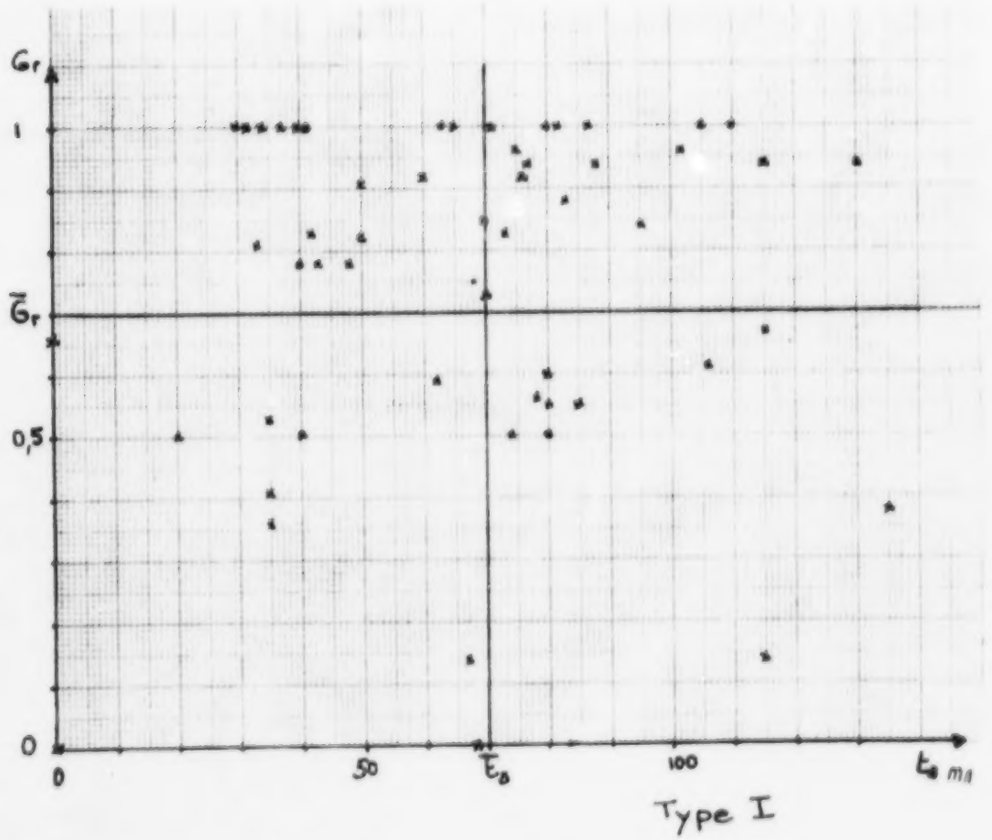
Secteur I : $T_a \leqslant 650$ mn et $G_r \geqslant 0{,}85$; 48% des étudiants
Secteur II : $T_a \leqslant 650$ mn et $G_r < 0{,}85$; 14% des étudiants
Secteur III: $T_a > 650$ mn et $G_r \geqslant 0{,}85$; 21% des étudiants
Secteur IV : $T_a > 650$ mn et $G_r < 0{,}85$; 17% des étudiants.


$\sigma_r$
1
$\bar{\sigma}_r$
0,5
0
0
500
$\bar{t}_a$
1000
$t_{a\,max}$

On peut donc dire qu'au delà de 10-11 heures d'apprentissage, le taux de réussite est globalement moindre. Cela peut être imputable au fait qu'un certain nombre d'étudiants du secteur I, possédaient avant la lecture du programme une bonne base stoechiométrique. Pour certains étudiants du secteur IV le rendement est faible, et on peut se demander si pour eux l'enseignement programmé est une bonne formule.

Valeurs $G_r$, $T_a$ pour l'exercice de type I

Représentation graphique



Commentaires

Cette fois-ci, le temps d'apprentissage n'a aucune incidence sur le gain relatif; le même progrès peut etre obtenu à des temps différents; c'est apparent au niveau des gains extrêmes, mais si l'on reprend la division sectorielle précédente c'est encore plus évident.

| | I | II |
|---|---|---|
| 0,70 | 34% | 30% |
| | II | IV |
| | 18% | 18% |

70 mn

De part et d'autre du temps moyen, la répartition des étudiants est symétrique; on réussit autant en des temps courts qu'en des temps élevés; on obtient aussi de moins bons résultats en des temps différents. Il y a en fait ici 2 populations: celle qui a opté pour la voie rapide et celle qui a opté pour la voie normale.

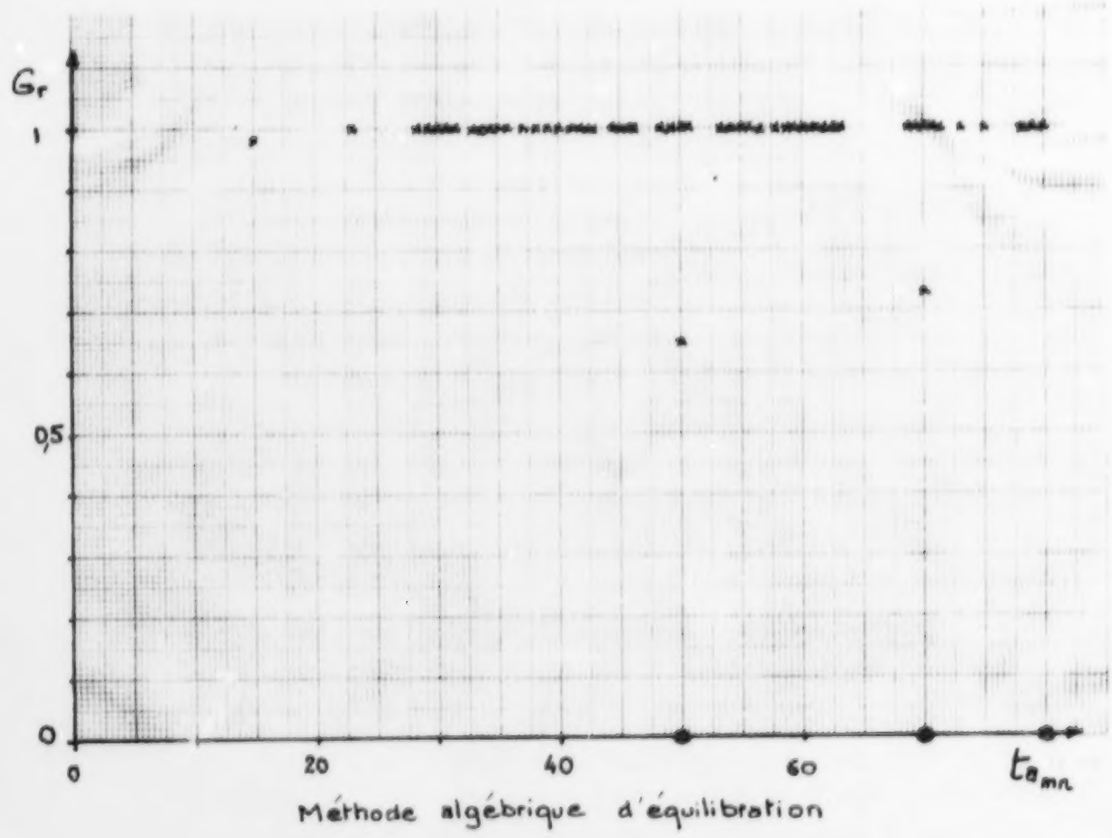
Les étudiants du secteur I ont fait une bonne révision avec le programme; ceux du secteur III doivent leur réussite au programme presque essentiellement; les étudiants du secteur II se sont surestimés et quant à ceux du secteur IV, le programme ne leur a pas permis d'atteindre tous les objectifs fixés.

L'efficience ou le rendement du programme peut donc être mesuré à partir de l'importance du pourcentage d'étudiants dans le secteur IV.

Pour comparer visuellement la performance de 2 populations différentes, face à la même rubrique stoechiométrique, il suffirait de rapprocher leurs surfaces respectives de répartition des points représentatifs $G_r$, $T_a$.

Valeurs $G_r$, $T_a$ pour la méthode algébrique d'équilibration

Représentation graphique



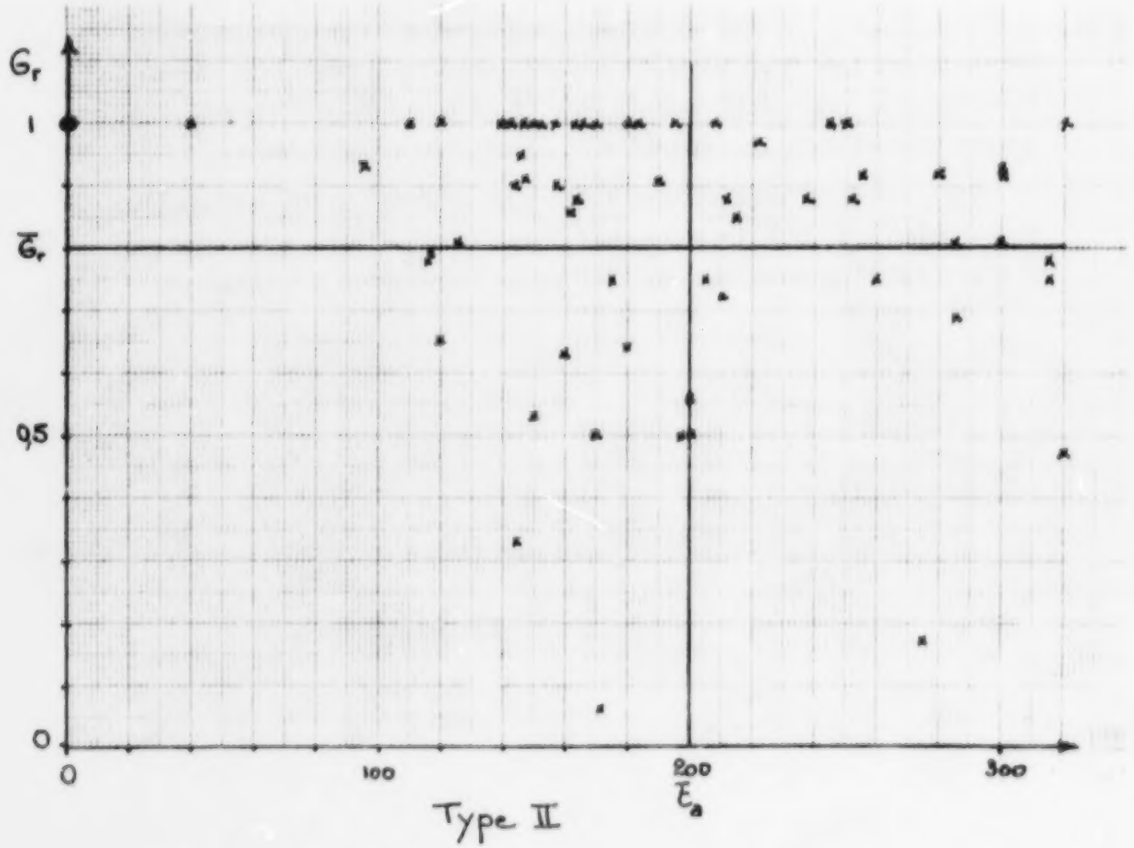

Commentaires

Loi du tout ou rien avec un très haut taux de réussite, réparti sur un temps d'apprentissage fort variable. Même si les exercices de type IV et V avec des $\overline{G}_r > 0{,}90$ semblent apparemment mieux réussis, c'est certainement avec la méthode algébrique d'équilibration que le

programme aura été le plus performant puisque dans le secteur IV on ne trouve que 9% des étudiants, certains ayant été confrontés avec un blocage algébrique (que le programme ne prétendait d'ailleurs pas résoudre) et que dans le secteur II on ne trouve aucun étudiant, ce qui peut se traduire par le fait que 91% des étudiants ont consacré le temps qui leur était personnellement nécessaire pour une réussite maximale.

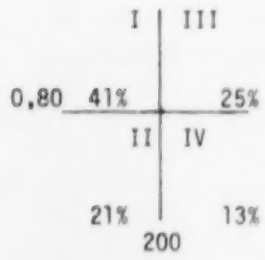
Valeurs $G_r$, $T_a$ pour l'exercice de type II

Représentation graphique



Commentaires

La division sectorielle axée sur les valeurs moyennes donne les résultats suivants:



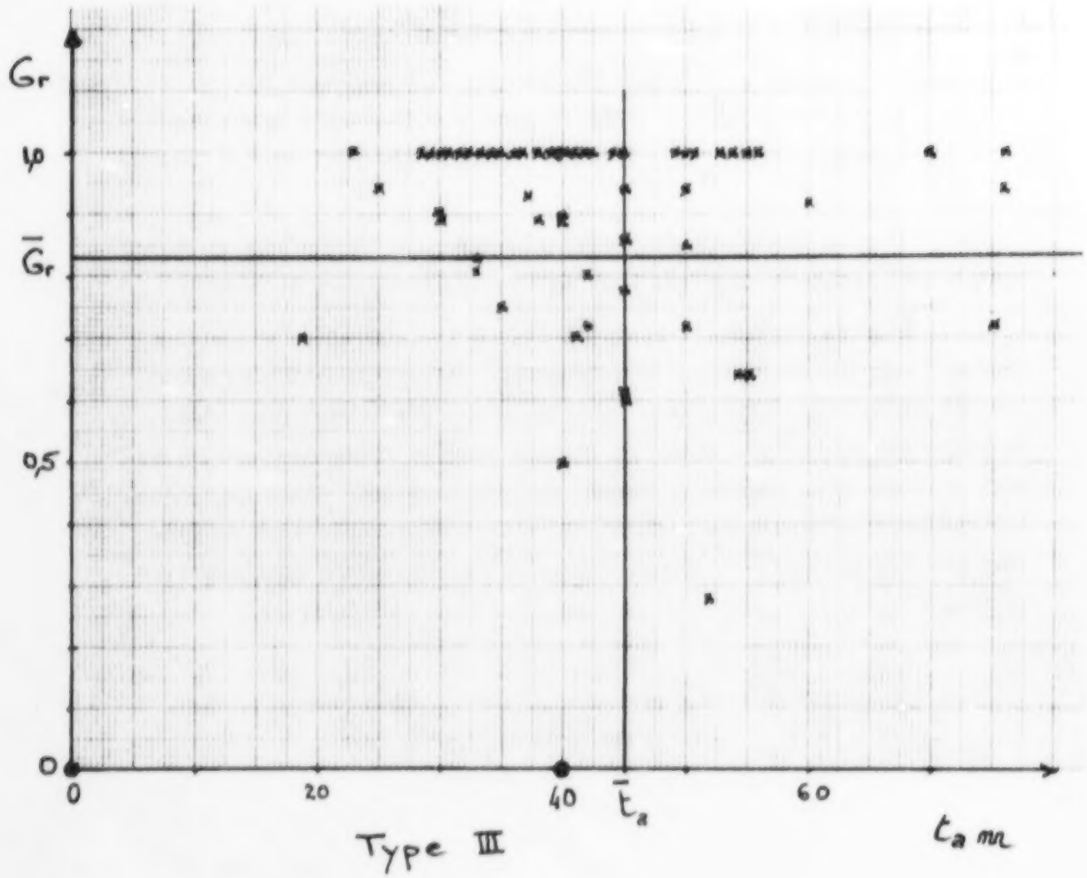

Cette fois-ci on constate (secteurs I et III), qu'au delà de 3-4 heures d'apprentissage il y a une diminution de la maximisation du progrès: 4 fois plus d'étudiants dans le secteur I obtiennent un $G_r$ de 1.

Le secteur II nous informe que la trop faible amélioration d'un grand nombre d'étudiants est liée à un temps de lecture insuffisant pour leur niveau de connaissance. Peut-être faut-il voir là, à cause de la longueur du programme pour le type II, un indice de saturation ou de fatique?

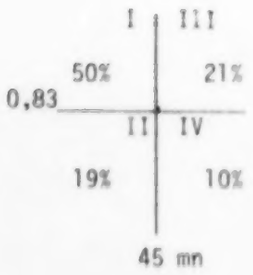
Nota: mes différentes tentatives pour écourter cette section (la plus remaniée de tout le programme) sans léser la très progressive gradation de l'information, se sont jusqu'ici avérées infructueuses.

Valeurs $G_r$, $T_a$ pour l'exercice de type III

Représentation graphique



Commentaires



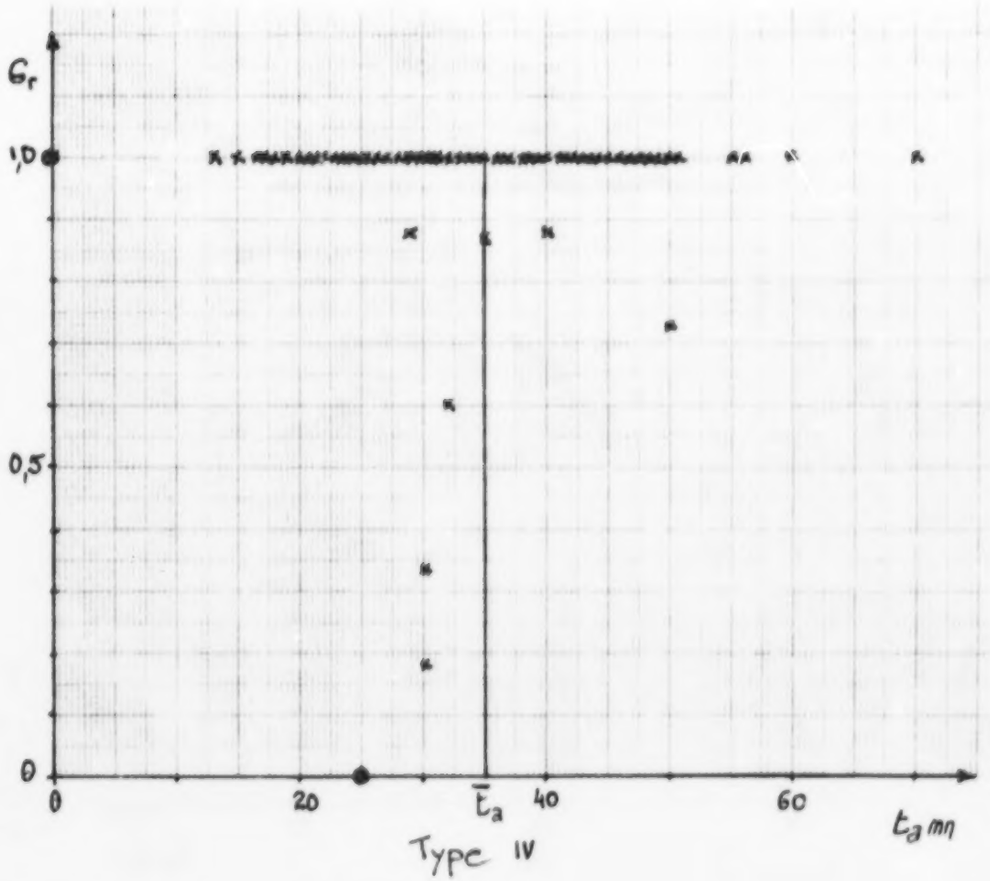

On retrouve ici entre les secteurs I et III, la tendance précédente générale de l'ensemble du programme. Cependant, au niveau du progrès maximum ($G_r$ = 1), ce dernier est moins sous la dépendance du temps que pour l'exemple II car le rapport du nombre d'étudiants ayant maximisé leur effort n'est plus de 4/1 mais de 2/1.

Il n'en reste pas moins globalement, que les meilleures performances sont toujours acquises pour des temps inférieurs à 45 mn.

Avec un secteur II couvrant 19% de la population et où l'on trouve 2 $G_r$ = 0, on pourrait encore parler de surestimation de soi par les étudiants. Cependant, certains d'entre eux ont commis lors du post-test une erreur initiale, fatale pour la suite des opérations. Nous en avons tenu compte au niveau des remédiations. Avec seulement 10% des étudiants dans le secteur IV le programme reste tout de même très satisfaisant pour l'apprentissage de la résolution de l'exercice de type III.

Valeurs $G_r$, $T_a$ pour l'exercice de type IV

Représentation graphique

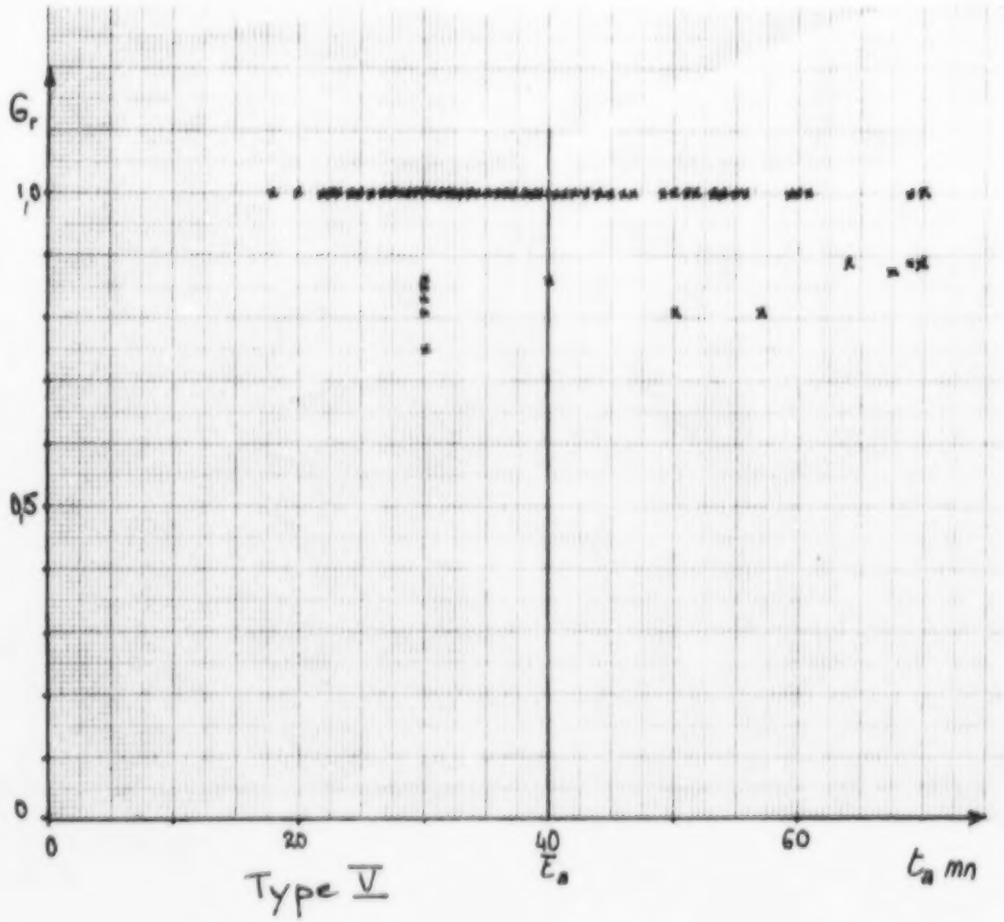



Commentaires

Quatre-vingt-sept pour cent (87%) des étudiants ont, en des temps d'apprentissage fort différents, réalisé un gain maximal. Seulement 5% des étudiants pour des raisons obscures ont, en temps similaires et proches de la moyenne, réalisé des gains faibles.

Valeurs $G_r$, $T_a$ pour l'exercice de type V

Représentation graphique




Commentaires

Quatre-vingt-un pour cent (81%) des étudiants ont atteint un gain maximum; les 19% restants ont aussi réalisé de très bonnes performances; donc, cette fois-ci toute la population a saisi le mécamisme

de résolution de l'exercice pour des temps d'apprentissage différents. D'ailleurs, si l'on compare le $\sigma_{\bar{p}}$ du type IV (3,63) avec le $\sigma_{\bar{p}}$ du type V (1,95) on s'aperçoit que le programme a inculqué uniformément les mêmes habiletés.

Conclusion

Dès que le problème est ouvert (type I ou II), donc plus sélectif, on constate au-delà d'un certain temps d'apprentissage, pour les meilleurs étudiants, une relative baisse de rendement.

5.2 Temps de résolution d'un exercice d'auto-contrôle sans indice et gain relatif.

Tous les étudiants résolvent l'exercice d'auto-contrôle sans indice mais le temps de résolution $T_r$ varie d'un individu à l'autre. En principe si $T_r$ est faible on pourrait penser que le $G_r$ sera élevé. Est-ce certain? L'inverse est-il vrai?

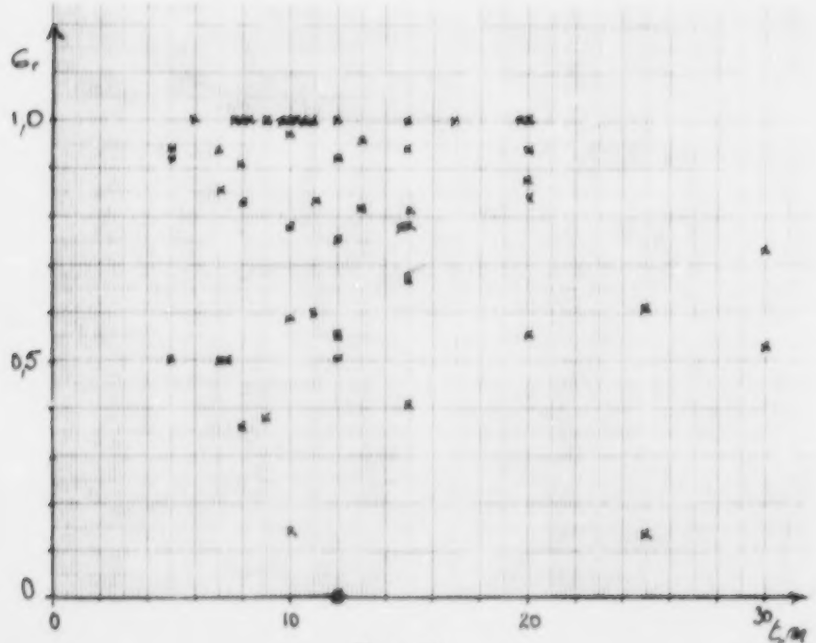
A partir de l'observation de la répartition des scores individuels $G_r$ et $T_r$ pour chaque rubrique stoechiométrique on sera peut-être amené à se poser des questions telles que:

- l'exercice d'auto-contrôle et l'exercice du post-test mesurent-ils la possession des mêmes habiletés?

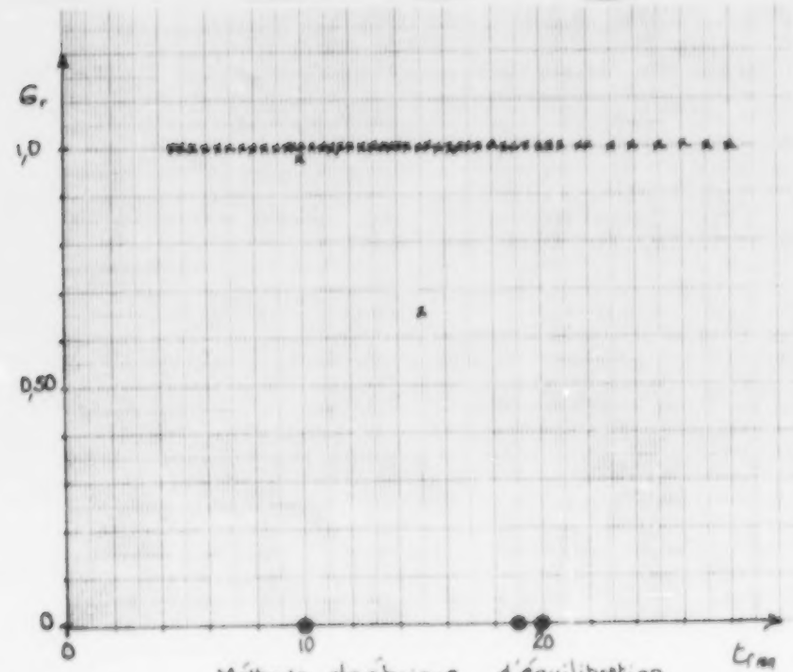
- le nombre d'auto-contrôles est-il suffisant pour assurer une bonne mémorisation de la méthode de résolution?

- peut-on selon la valeur du $T_r$ établir un diagnostic d'assimilation du programme ou aucune conclusion n'est-elle possible, le rythme individuel imposant sa variabilité aléatoire?

Pour chaque rubrique stoechiométrique on a obtenu les diagrammes suivants:

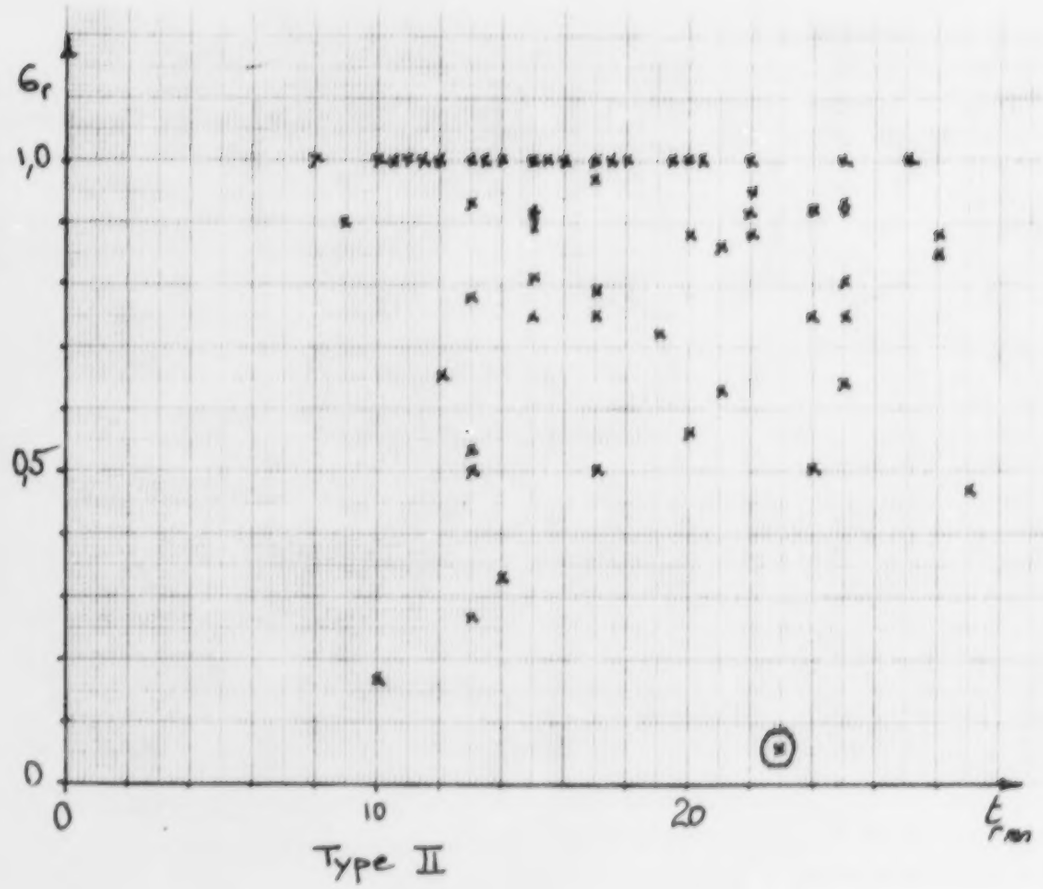



Type I




Méthode algébrique d'équilibration

Voir 3e diagramme page suivante...




Type II

Commentaires

Il apparaît tout de suite en regard de la répartition des points que le temps de résolution n'a aucune incidence sur le progrès que réalise l'étudiant. Afin de confirmer cette première appréciation visuelle, j'ai dressé les tableaux suivants:

Exercice de type I

| Temps de résolution | nombre d'étudiants | $\bar{G}_r$ |
|---|---|---|
| 0 - 6 mn | 4 | 0,84 |
| 6 - 8 mn | 9 | 0,77 |
| 8 - 10 mn | 9 | 0,76 |
| 10 - 12 mn | 12 | 0,73 |
| 12 - 16 mn | 9 | 0,80 |
| 16 - 20 mn | 7 | 0,89 |
| > 20 mn | 4 | 0,50 |

Exercice de type II

| Temps de résolution | nombre d'étudiants | $\bar{G}_r$ |
|---|---|---|
| 0 - 12 mn | 9 | 0,86 |
| 12 - 14 mn | 9 | 0,70 |
| 14 - 16 mn | 8 | 0,91 |
| 16 - 18 mn | 7 | 0,86 |
| 18 - 20 mn | 5 | 0,83 |
| 20 - 22 mn | 7 | 0,89 |
| > 22 mn | 14 | 0,75 |

Il restait donc à vérifier que lors du post-test, puisqu'aucune limite de temps n'était fixée, nous devions retrouver cette indépendance entre le temps de passation et le $G_r$.

Temps de passation du post-test et Gr.

Représentation graphique

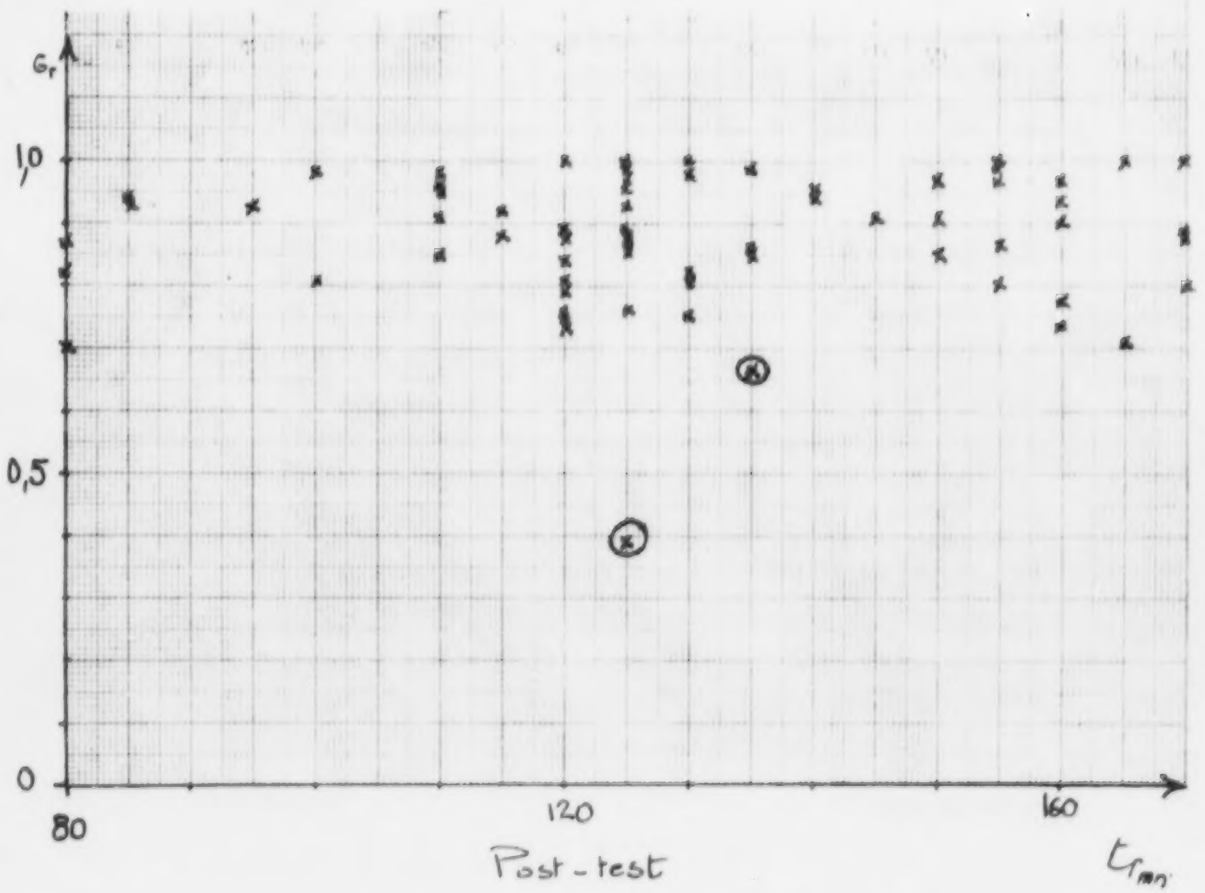


Tableau analytique

| Temps de passation | Nombre d'étudiants | $\bar{Gr}$ |
|---|---|---|
| 80 min. | 3 | 0,80 |
| 85 min. | 2 | 0,94 |
| 90 min. | 0 | - |
| 95 min. | 1 | 0,93 |
| 100 min. | 2 | 0,90 |
| 105 min. | 0 | - |
| 110 min. | 5 | 0,93 |
| 115 min | 2 | 0,90 |
| 120 min. | 9 | 0,83 |
| 125 min. | 10 | 0,91 |
| 130 min. | 5 | 0,87 |
| 135 min. | 3 | 0,90 |
| 140 min. | 2 | 0,95 |
| 145 min. | 1 | 0,91 |
| 150 min. | 3 | 0,91 |
| 155 min. | 5 | 0,93 |
| 160 min. | 5 | 0,87 |
| 165 min. | 2 | 0,86 |
| >165 min. | 4 | 0,89 |

Commentaire général

Que l'exercice soit ouvert ou fermé le temps de résolution ne saurait être un indice de réussite.

5.3 Nombre d'erreurs commises dans les items du programme (par les étudiants) et gain relatif moyen. Etude par rubrique stoechiométrique.

Envisageons 4 possibilités tranchées

Cas 1: $\bar{G}_r$ est élevé et le nombre d'erreurs l'est aussi;
- le programme n'est pas assez renforçant mais il est efficace;
- ou le post-test est à un niveau de difficulté moindre que celui fixé par les objectifs du programme.

Cas 2: $\bar{G}_r$ est élevé et le nombre d'erreurs est faible; l'ensemble est donc fort satisfaisant.

Cas 3: $\bar{G}_r$ est peu élevé et le nombre d'erreurs l'est aussi;
- le post-test est mal rédigé, ou son niveau de difficulté dépasse celui du programme, ou encore le post-test aborde des applications qui sont insuffisamment explicitées dans le programme;
- ou le programme est trop timoré et il n'amène pas les élèves à un degré suffisant de connaissances et d'habiletés.

Cas 4: $\bar{G}_r$ est faible et le nombre d'erreurs est élevé; triste bilan; toute la structure et l'agencement des items est à revoir; ignorons cette éventualité pour l'instant.

Quantifions

- tout $\bar{G}_r \geqslant 0{,}80$ sera considéré comme élevé;
- tout pourcentage d'erreurs $> 5\%$ sera considéré comme trop élevé;

Le calcul se fera comme suit: si 10 étudiants répondent à 10 items nous avons 100 réponses; si le nombre d'erreurs est alors supérieur à 5 nous devrons envisager des remédiations.

Tableau des résultats

| Rubriques stoechiométriques | $\bar{G}_r$ | Nombre total de réponses aux items | Nombre d'erreurs aux items | Pourcentages d'erreurs |
|---|---|---|---|---|
| Exercice de type I | 0,70 | 2 880 | 18 | 0,63 |
| Méthode algébrique d'équilibration | 0,90 | 2 112 | 113 | 5,35 |
| Exercice de type II | 0,80 | 5 400 | 145 | 2,69 |
| Exercice de type III | 0,83 | 1 730 | 8 | _ 0 |
| Exercice de type IV | 0,92 | 1 980 | 13 | _ 0 |
| Exercice de type V | 0.95 | 2 620 complétions | 10 | _ 0 |

Nota: les pourcentages d'erreurs pêchent certainement par défaut car tous les étudiants n'ont pas admis leur erreur ou n'ont pas signalé suffisamment explicitement les items où ils avaient rencontré des difficultés.

Même si les résultats restent assez euphorisants on peut tout de même penser à les améliorer.

Pour l'exercice de type I (cas 3)

Les valeurs 0,70 et 0,63 s'expliquent de la façon suivante: les exercices du post-test même s'ils respectaient les objectifs fixés demandaient des applications non totalement explicitées dans le programme, d'où un certain élitisme intellectuel peu conforme à l'éthique

de l'enseignement programmé. En conséquence, j'ai raffiné les objectifs spécifiques et augmenté le nombre d'exercices d'auto-contrôle afin de couvrir une gamme d'applications plus exhaustive.

Pour la méthode algébrique d'équilibration (cas 1)

On connaît la méthode ou on ne la connait pas; cette alternative pour une méthode relativement simple explique la valeur élevée du $\overline{G}_r$. Maintenant si le pourcentage d'erreurs est lui aussi élevé il faut incriminer l'algèbre plutôt que la chimie. On améliorera tout de même la progression et la formulation des items.

Pour les exercices de types II, III, IV et V (cas 2)

L'ensemble est apparemment fort satisfaisant; cependant quelques remédiations ont été apportées pour les types II et III car même si le nombre d'erreurs commises restait faible, il était symptômatique de constater qu'elles se rattachaient au même objectif.

## 5-4 Erreurs items, erreurs post-test; étude par rubrique

Nous envisageons 3 cas:

1 - l'erreur commise dans le post-test est reliée à un ou plusieurs items du programme pour lesquels la passation fut parfaite;

2 - l'erreur commise dans le post-test est reliée à un ou plusieurs items du programme pour lesquels on enregistre quelques erreurs;

3 - l'erreur commise dans le post-test n'est pas une étourderie; elle a trait à la stoechiométrie et n'est reliée à aucun item du programme.

Cas 1: ou la question du post-test est mal rédigée ou il y a un certain hiatus de difficulté entre le programme et le post-test.

Cas 2: la section du programme n'a pas permis aux élèves de surmonter la difficulté.

Cas 3: le programme est incomplet.

TABLEAU ANALYTIQUE

| Rubrique | Description de l'erreur au post-test | % | Cas | Remédiations |
|---|---|---|---|---|
| Exercice de type I | Application des proportionnalités $\ell$, mol, coefficients stoechiométriques | 18 | 1 | Rédaction de nouveaux items de contrôle pour augmenter le champ d'application. |
| | Pourcentages en volumes (gaz) | 15<br>11 | 3 | Rédaction de nouveaux items. |
| | Mauvaise équilibration<br>⇒ étourderie | 11 | 1 | Programme: rappels réitérés pour vérification de l'équilibration.<br>Post-test: modification au niveau réaction chimique. |
| Méthode algébrique d'équilibration | - | - | - | - |
| Exercice de type II | Application du pourcentage en poids et réalité du mélange | 42<br>9 | 2 | Suppression totale des anciens items; nouvelles rédaction, structuration et présentation. |
| | Justification non évidente de l'excès de l'un des réactifs | 14 | 1 | Modification des valeurs numériques dans le pré-test et le post-test. |
| Exercice de type III | Erreur conversion unitaire | 20 | | Indication dans pré et post-test du facteur de conversion. |
| | Mauvaise équilibration | 9 | 1 | Rappel, mise en garde; réactions enchaînées volontairement déséquilibrées dans les items de contrôle |
| | Calcul stoechiométrique incomplet | 8 | 1 | Nouvelle rédaction de la question dans pré et post-test. |
| Exercice de type IV | - | - | - | - |
| Exercice de type V | - | - | - | - |

NOTA: seules dans ce tableau figurent les erreurs dont le pourcentage d'apparition est supérieur à 5%.

## 6 - LA PASSATION DU PROGRAMME - ERREURS AUX ITEMS - DIFFICULTES, REMARQUES, COMMENTAIRES.

6.1 L'étudiant a passé le prétest; il a été noté de façon détaillée et les remarques qui accompagnaient cette correction devraient lui permettre d'étudier stratégiquement le programme pendant la semaine qui le sépare du post-test.

Ce programme et la pédagogie qui le sous-tend ont fait l'objet d'un exposé en classe. Maintenant la question est: quand et où doit s'opérer l'étude du programme?

Selon des études parallèles, il semblerait que le meilleur rendement s'obtienne quand l'étudiant travaille seul et qu'il complète à domicile ce qu'il a commencé à étudier en classe.

Lors de la validation expérimentale ci-jointe, toute la complétion se fit à l'extérieur de la classe, en principe solitairement mais toute latitude était laissée aux étudiants après qu'on leur eût souligné l'importance du respect du rythme personnel.

Dans ce paragraphe nous allons décrire sommairement et par rubrique stoechiométrique les points saillants de cet apprentissage et les retouches qu'il a provoquées.

Nota: nous parlons ici de "retouches" plutôt que de "remédiations" car il est extrêmement rare (sauf s'il s'agit d'un item-clef) que, du fait de la "politique des petits pas", des erreurs répétées sur le même item entraînent de profonds remaniements et ce, lors de la phase de validation. Ce sont les erreurs commises lors du post-test qui provoquent des changements parfois dramatiques.

6.2 Exercices de type I

Complétions antérieures:
- items 1 - 49 lors d'une première validation assez lâche (2 ans auparavant) plus l'expérimentation évaluative de 4 étudiants.
- auto-contrôle séquence I et séquence II (sauf les problèmes II et III) et les 2 questions subsidiaires: évaluation par 4 étudiants.

Nota: les problèmes II et III ont été bâtis après le stade de la validation; ils sont donc complètement nouveaux et n'ont jamais été testés.

Complétion validation: seule la 2ème question subsidiaire a dû être remaniée.

6.3 La méthode algébrique d'équilibration

Complétions antérieures: 4 étudiants en évaluation; quelques accrochages, quelques corrections.

Complétion validation:
- entretenant plus de 5% d'erreurs, ont dû être révisés les items: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 18, 19, 20, 21; une telle profusion d'erreurs, tient au fait que l'horizon algébrique d'un grand nombre d'étudiants est fort bouché et que ce programme n'enseigne que la chimie. Cette constatation étant faite on a tout de même rajouté une petite boucle d'apprentissage algébrique, afin de conserver le caractère renforçant du programme.
- Enfin 9% des élèves ont eu quelques difficultés de résolution algébrique pour certaines équations de l'item 22.

6.4 Exercices de type II

Complétions antérieures: cette section a subi tant et tant de modifications, qu'il serait fort fastidieux de dresser une liste complète des items subsistants et des différents contrôles qui ont régi leur évolution.

Que l'on sache seulement que les items 30, 31, 32, 33, totalement remaniés, restructurés en fonction de la validation et du post-test n'ont donc pas été encore contrôlés. Qu'avant la validation, seuls les items 10 - 29 n'avaient subi qu'un seul contrôle (le dernier étudiant de la phase évaluation, étant le résultat d'une longue série de transformations imposées par les difficultés rencontrées par les étudiants au niveau du calcul des pourcentages.

Complétion validation: ont subi des modifications de rédaction à cause d'un pourcentage d'erreurs supérieur à 5%, les items suivants:

Exemple 1: 1-4, 8-3b, 8-4;

Exemple 2: 17, 20, 21, 26, 27, 28-1, 29-2.

6.5 Exercices de type III

Les items d'apprentissage et de contrôle appartenant à ce type ont toujours été bien résolus par les étudiants. Lors de la validation, corroborant ceci, on n'a enregistré aucun taux d'erreur supérieur à 5%.

6.6 Exercices de type IV

Même facilité de passage que pour les exercices de type III; un seul item a dû être remanié après la validation; l'item 2 situé après les séquences d'auto-contrôle.

## 6.7 Exercices de type V

Dans les anciennes versions du programme, l'apprentissage de la méthode de résolution se faisait à travers une série d'items disposés selon la classique technique de l'enseignement programmé linéaire. Comme je le signalai ci-dessus, il apparut bientôt, en regard des échecs réitérés aux post-tests et des dialogues professeur-étudiant, que cette structure était inefficace. En fin d'évaluation, je décidai donc de faire appel à une mémorisation visuelle du schéma de résolution avec un affaiblissement de plus en plus prononcé des indices et une complétion de plus en plus importante de l'étudiant. Testé une seule fois avant la validation, le processus semblait efficace. L'obtention d'un $\bar{G}_r$ de 0,95 a pu, par la suite, confirmer les espoirs de performance. Peu d'erreurs ont été commises lors de la lecture du programme par le groupe de validation.

## 6.8 Commentaires généraux, remarques des étudiants

Même si certains étudiants ont pu être déroutés par la longueur inhabituelle de quelques exercices d'auto-contrôle, la grande majorité se déclare satisfaite et même enchantée d'avoir été mise en contact avec un tel système d'enseignement. La stoechiométrie n'étant pas un sujet particulièrement enthousiasmant, le fait que pour beaucoup l'ensemble reste attrayant, est à porter au crédit de la méthode de l'enseignement programmé.

Côté critiques:

- la longueur du programme;
- les réponses aux questions des items devraient être inscrites sur une feuille à part;
- progression trop lente, redondances fastidieuses.

Face à ces critiques parfaitement justifiées, qu'a-t-on envisagé?

- instauration d'une voie-éclair réservée aux étudiants dont note au prétest pour un exercice de type déterminé est excellente; elle les dispensera de la section d'apprentissage et les amènera tout de suite aux exercices d'auto-contrôle; l'indication des temps moyens de résolution leur permettra de tester leur degré de préparation au post-test.

- afin que l'étudiant ayant commis une erreur au niveau d'un item d'apprentissage, puisse tout de suite apporter le correctif, il est nécessaire que la réponse soit très accessible; cependant, afin de limiter les possibilités d'un démasquage prématuré, on augmentera l'espace séparant la question de sa réponse.

# CONCLUSION

Avec un $\bar{G}_r$ global de 0,86, un temps d'apprentissage fort proche de celui de l'enseignement traditionnel et malgré quelques restrictions, on peut sans trop de forfanterie estimer que par rapport aux hypothèses de performance, les éléments programmés de l'algorithme stoechiométrique sont opérationnels.

Outre ce constat numérique ressurant, on peut rajouter à l'actif du programme les manifestations de satisfaction exprimées par un fort pourcentage d'étudiants. On ne peut fort heureusement faire l'unanimité, et côtoyant l'appréciation dithurambique on trouve aussi de sévères commentaires à propos de l'art de tourner en rond et de distiller l'ennui. Statistiquement, le client qui noue d'excellentes relations avec le programme est un étudiant central, moyen; aux 2 extrémités de la distribution on est d'accord: c'est trop long.

Il n'est pas question dans ces dernières lignes, d'entamer un débat sur les vertus comparées des différentes approches pédagogiques, surtout pas avec l'optique technocratique "seuls les résultats comptent", cependant, et les résultats précédents le confirment, l'enseignement séquentiel structuré trouve dans l'algorithme de résolution un excellent créneau d'utilisation que les disciplines scientifiques devraient peut-être mettre plus souvent à profit. Ce prêche sera appliqué dans notre paroisse, puisque dès l'année prochaine, nous comptons au niveau du cours 202-201, programmer tout ce qui a trait à la lecture et à l'interprétation des diagrammes de phases des solutions binaires. Il importe bien de souligner ici que si l'on désire ne pas émousser l'efficacité de l'enseignement programmé, on doit le réserver pour des actions ponctuelles, sur un chapitre clef où l'achoppement est important et non pas fractionner tout un cours en

une série d'informations. Questions, comme cela a tendance à se faire à l'heure actuelle et où le principe skinérien de renforcement immédiat n'est pas du tout respecté puisque la plupart du temps le fractionnement est insuffisant et que l'on ne cerne pas le comportement élémentaire.

Personnellement ai-je bien gradué ma progression, ai-je bien utilisé l'item quantum?

En termes d'échéancier on pourra parler de conclusion ou de version finale, mais naturellement mon programme reste ouvert "taillable et corrigeable à merci", à partir de sa base d'utilisation que je souhaite être la plus large possible.

# BIBLIOGRAPHIE


ARNAUD, P., Cours de chimie organique. Gauthier-Villars, Paris 1962, 389 p.

BAILAM, MOELLER, KLEINBERG, Chemistry, Academic Press 1978, 908 p.

BARROW, KENNEY, Chimie raisonnée: stoechiométrie, Ed. Science 1972, 135 p.

BIANCHERI, A., Qu'est-ce que l'enseignement programmé? La pédagogie cybernétique, 1964, 2,2.

CHAUSSIN, C., Exercices de chimie, Dunod 1965, 136 p.

DAJOZ, R., Précis d'écologie, Dunod, Gauthier-Villars, 1976, 549 p.

DE MONTMOLLIN, M., L'enseignement programmé? "que sais-je"? 1171, Paris, P.U.F., 1967, 126 p.

DIRECTION GENERALE DU DEVELOPPEMENT PEDAGOGIQUE, Guide docimologique Service de recherche et expérimentation pédagogique, fas. 6, Québec, Service général des communications du Ministère de l'Education, 1977, 16 p.

D'HAINAULT, L., L'enseignement de concepts scientifiques et techniques à l'aide de cours programmés, Doctorat en sciences pédagogiques, Université libre de Bruxelles, 1971

DE LANDSHEERE, G., Introduction à la recherche en éducation, Paris, A. Collin; Liège, G. Thome, 1970, 3ème éd., 178 p.

FAVRE, A., GAUTHIER, H., Comment on résoud le problème de Chimie, Vuibert 1963, 63 p.

GAVINI, G.P., Manuel de formation aux techniques de l'enseignement programmé, Paris, Ed. Hommes et techniques, 1969, 2ème éd., 257 p.

GARIEPY, W., Guide pour identifier, spécifier et expliciter les objectifs pédagogiques, CADRE, Montréal, 1973, 58 p.

GRAY, HAIGHT, Principes de chimie, éd. science 1974, 578 p.

GUGLIELMI, J., L'enseignement programmé à l'école, Paris, P.U.F., 1970, 148 p.

HARPER, Précis de Biochimie, les presses de l'université Laval, 1965, 469 p.

HUGHES, J.L. and MAC NAMARA, W. L., "A comparative study of programmed and conventionnal instruction in industry" Journal of applied psychology, 1961, no. 45, p. 225-231.

JACOBS, MAIER, STLOLUROW, A guide to evaluating self-instructional Programs, Holt, Rinehart and Winston, 1966, 172 p.

LALIBERTE, J., "Ressources et pratiques pédagogiques", Prospectives, 15, (décembre 1979): 177-191.

LAWRENCE, T., Manuel de statistique, Editions de l'université d'Ottawa, 1969.

LECLERCQ, D. et al., Construire un cours programmé, Paris, Nathan, 1973, 191 p.

MCGUIGAN, F. J., The G. statistics, An index of amount learned, N.S.P.I. Journal, 1967, 69 p.

MACKENZIE, N., Art d'enseigner et art d'apprendre, Unesco et association internationale des universités, Paris, 1971, 160 p.

MAGER, R.F., Comment définir des objectifs pédagogiques, Paris, Gauthier-Villars, 1971, 60 p.

MARKLE, S., Good Frames and Bad: a grammar of frame writing, 2e ed. New York, John Wiley and sons, 1969.

MASDUPUY, E., Chimie métaux, Delagrave 1962, 239 p.

MASTERTON, SLOWINSKI, GAUTCHEFF, Chimie théorique et expérimentale, TOME 1, éditions HRW 1974, 344 p.

MOORE, J.A., Chimie organique moderne, HRW 1975, 419 p.

POCZTAR, J., Théorie et pratique de l'enseignement programmé, UNESCO, Paris 1971, 186 p.

SCHRAMM, W. The research on programmed instruction, An annotated bibliography, Washington, D.C., Department of Health, Education and Welfare, 1964.

SKINNER, R.B.F., La révolution scientifique de l'enseignement, Trad. de A. Richelle, Bruxelles, Dessart, 1968, 314 p.

STE-MARIE, M., et REGNAULT, J.P., Biopsie, Ministère de l'Education, D.G.E.C., Service des programmes, Québec, 1977, 349 p.

THI AGARAJAN, S., Programme sur le processus de programmation, traduit et adapté par Champagne, M., Fournier, J.P., Parent, J.,Montréal, Lidec inc., 1971, 172 p.

TOURNIER, M., Typologie des formules pédagogiques, D.G.E.C.,Québec, mai 1978, 267 p.

WALKER, J., Le carnaval de la physique, Dunod, 1977, 257 p.

ANNEXE I

Expert au cheminement programmé

## Commentaires généraux

J'ai étudié les deux parties du programme une première fois au complet en me mettant "dans la peau" d'un étudiant. Mes notions de chimie remontant à plus de 20 ans, je crois que je faisais un assez bon "cobaye". Je dois dire qu'à part quelques items où les choses ne me sont pas apparues tout à fait claires, je suis arrivé à maîtriser la matière suffisamment pour résoudre les problèmes des contrôles ainsi que ceux du pré-et du post-test. C'est donc dire qu'en général, le programme remplit sa fonction.

Puis, j'ai repris l'examen des objectifs de chaque partie et des items correspondants d'une façon plus critique. Vous trouverez mes commentaires à ce sujet dans les pages mêmes du texte. D'une façon globale, la technique de programmation utilisée n'apparaît tout à fait convenable pour ce type d'apprentissage. C'est pourquoi j'ai fort peu de commentaires généraux à faire, si ce n'est en ce qui concerne l'organisation de la première section (problèmes de type II) du deuxième cahier. J'ai donc fait quelques suggestions de modification pour cette partie.

Enfin, j'ai signalé dans les tests quelques questions d'un type qui n'a jamais été abordé dans le programme lui-même, ou appartenant à un autre type de problème. Ce genre de pratique, bien qu'il soit relativement facile d'arriver quand même à la solution, n'est pas souhaitable. Il faudrait qu'au moins une fois ce genre de tâche ait déjà été demandée dans le programme lui-même, par exemple lors d'un test d'auto-contrôle.

Je loue particulièrement l'effort qui a été fait de choisir des exemples piquant l'intérêt ou la curiosité des étudiants: ils rendent le programme plus agréable.

Marc Champagne,

Consultant en pédagogie universitaire.

ANNEXE II

## PIERRE BOUCHARD 01

| | $X_A$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $\bar{T}_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | $10^{75}$ | $10^{75}$ | ,60 | 80 | 11 | | Question d manquée; car calcul fait pour 1 mole de mél. et non pour 1 litre. | Encore une fois la mauvaise assimilation: mol. et l. |
| ⇄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 19 | 1-: a réussi l'item en 2 minutes. Cependant le plus mauvais résultat. | | donc tenir compte de ce fait dans le texte. |
| II | 16 | $17^{25}$ | $1^{25}$ | ,63 | 160 | 21 | 27- avant dernière case | moles $H_2SO_4$ "solution" ≃ % pureté à mol. | |
| III | 6 | 15 | 9 | ,75 | 35 | ? | | Etourderie unitaire. | |
| IV | 5 | 18 | 13 | 1 | 43 | 30 | | | |
| V | 3 | 18 | 15 | 1 | 45 | 15 | | | |
| $R_G$ | 30 | 79 | 49 | ,70 | 675 | 80 | | | |

## HELENE CHOUINARD 01

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 18 | 18 | 0 | - | 35 | 10 | | | |
| ⇄ | 0 | 10 | 10 | 1 | 60 | 15 | Item 1: non répondu<br>14: erreur chronique<br>8- pensait que c'était une série informations | | Estime que parfois l'étudiant ne sait pas s'il doit répondre.<br>A surveiller. |
| II | 16 | 18 | 2 | 1 | 165 | 10 | 1-4 Ex. 1: I a b f g h i II c d e.<br>8- 3b: b-5; 8-4: 4, 2, 1, 5, 3. Ex.2, 12: OK. | | |
| III | 0 | 18 | 18 | 1 | 35 | 6 | | | |
| IV | 17 | 18 | 1 | 1 | 35 | 15 | Quelques difficultés pour exercice contrôle. Nouveaux items: 3-3: p. c.q. les 2 seuls corps qui sont des produits sont présents dans les 2 équations. | | |
| V | 0 | 18 | 18 | 1 | 45 | 19 | | | |
| $R_G$ | 51 | 100 | 49 | 1 | 570 | 125 | | | |

CROTEAU ELISE 01

| | $X_r$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $\bar{T}_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | 18 | 18 | 1 | 40 | 10 | | | |
| ↔ | 9 | 10 | 1 | 1 | 40 | 8 | 9- ex.1: 1er choix, 2•1<br>13,14,15,16: non répondu<br>1 g N-1 élément | | |
| II | 1 | 18 | 17 | 1 | 140 | 17 | 21- 34,0 g.; 27: 2 dernières cases. Difficultés avec Holmes. | | |
| III | 0 | 18 | 18 | 1 | 50 | 10 | 14: 1/6 mol. $H_2$; 1/2 mol. $Fl_3O_3$; 15b: 3 molécules<br>quelques difficultés<br>items contrôle 1 et 3 | | |
| IV | 14 | 18 | 4 | 1 | 40 | 20 | Nouveaux items 3.3: la 2e info numérile portera nécessairement sur les 2 réactions à la fois. | | |
| V | $7^5$ | 18 | $10^5$ | 1 | 50 | | | | |
| $R_G$ | $31^5$ | 100 | $68^5$ | 1 | 562 | 155 | A cause chiffres significatifs, les réponses obtenues sont différentes des miennes. | | Le signaler peut-être.<br><br>Enthousiasme. |

CHUONG VUY LAM 02

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 12 | $9^5$ | $-2^5$ | - | 58 | 10 | | Etourderie de calcul en b.<br>c- non compris<br>d- oublié de ramener à 1 mole de mélange; donc mauvaise correspondance molaire. | |
| ↔ | 0 | 10 | 10 | 1 | 45 | 15 | | | |
| II | $3^{25}$ | $16^5$ | $13^{25}$ | ,90 | 142 | 16 | 27- 2 dernières cases;<br>28-1 non répondu. | % en poids appliqué au volume de la solution; ou l'inverse M $H_2SO_4$ pur/P solution = V $H_2SO_4$ pur et ensuite V $H_2SO_4$ pur x $\frac{100}{\%}$ = Volume solution. | Nouvelle erreur sur la réalité d'une solution. |
| III | 6 | 18 | 12 | 1 | 35 | 5 | | | |
| IV | 0 | 18 | 18 | 1 | 28 | 20 | | | |
| V | 2 | 18 | 16 | 1 | 35 | 23 | | | |
| $R_G$ | $23^{25}$ | 90 | $66^{75}$ | ,87 | 600 | 125 | Non étude des 2 spécimens. | | |

GAUTHIER NORMAND 02

| | $X_{\rightarrow}$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $\overline{T}_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | $9^5$ | 8 | $-1^5$ | - | 30 | 8 | | Erreur $\rightleftharpoons$ au niveau $O_2$. Calcul b non terminé. Confusion entre $\ell$ et mol. de mélange, question d. le calcul a été fait pour 1 mol. de mél. et pas pour 1 litre. | |
| $\rightleftharpoons$ | 7 | 10 | 3 | 1 | 29 | 8 | 27- 2 dernières cases. | | |
| II | $10^{25}$ | 18 | $7^{75}$ | 1 | 111 | 11 | 28-1: non répondu. | | |
| III | $7^5$ | 16 | $8^5$ | ,81 | 33 | 5 | | Erreur de calcul, erreur conversion $\ell \rightarrow M^3$. | |
| IV | 0 | 18 | 18 | 1 | 25 | 12 | | | |
| V | $3^5$ | 18 | $14^5$ | 1 | 31 | 13 | | | |
| $R_G$ | $37^{75}$ | 88 | $50^{25}$ | ,81 | 400 | 120 | | | |

HOULE LISE 02

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | $8^5$ | 18 | $9^5$ | 1 | 80 | 8 | | | |
| $\rightleftharpoons$ | 0 | 10 | 10 | 1 | 30 | 5 | 27- 2 dernières cases | %pureté en poids appliqué à mol.; $M_{pure\ H_2SO_4}/P_{sol}$ = Volume $H_2SO_4$ pur ?? | en fait l'élève considère que la solution n'est formée que de $H_2SO_4$ pur. |
| II | 2 | 14 | 12 | ,75 | 205 | 25 | 28-1 non répondu. | | |
| III | 0 | 18 | 18 | 1 | 30 | 5 | | | |
| IV | 0 | 18 | 18 | 1 | 25 | 20 | | | |
| V | 0 | $15^5$ | $15^5$ | ,86 | 30 | 23 | | Etourderie et erreur de calcul dans résolution équation. | |
| $R_G$ | $10^5$ | $93^5$ | 83 | ,93 | 588 | 95 | | | |

GINGRAS DANIEL 03

| | $X_p$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $\bar{T}_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | 18 | 18 | 1 | 80 | 11 | 28- 2 molécules d'hydrogène<br>49- chiffres significatifs | | |
| ↓ | 10 | 10 | 0 | - | 55 | 9 | 14- a cru que c'était possible.<br>21- 9 3 2 8 6 7 5 4 1<br>18- 3 relations. | | |
| II | $4^{25}$ | 18 | $13^{75}$ | 1 | 149 | 11 | 1-4 I a b f h ;8-4:4 2 1 5 3 II c d e g i<br>chiffres significatifs dans les 3 items contrôle - vérifier.<br>25- chiffres significatifs à vérifier.<br>27- 2 dernières cases. | | |
| III | 5 | 18 | 13 | 1 | 37 | 5 | 12- oublié série 3<br>15b: 3 molécules. | | |
| IV | 3 | 12 | 9 | ,60 | 32 | 19 | | Malheureuse étourderie de calcul au niveau correspondance molaire. | |
| V | 2 | 18 | 16 | 1 | 40 | 13 | | | |
| $R_G$ | $24^{25}$ | 94 | $69^{75}$ | ,92 | 549 | 115 | | | Félicitations. |

MAJOR CLAUDE 03

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | 15 | 15 | ,83 | 73 | 11 | | question b non résolue totalement et erreur de calcul dans d. | |
| ↓ | 0 | 10 | 10 | 1 | 55 | 19 | 9- ex.1: a et b dernier e<br>ex.2: a et c dernier f<br>14- a cru que c'était possible en posant a=1 | | 14- trop souvent l'étudiant pose a=1; reformuler l'item. |
| II | 8 | 18 | 10 | 1 | 194 | 17 | Ex.1: 8-4: 4 2 1 5 3<br>27- 2 dernières cases | | |
| III | $1^5$ | 18 | $16^5$ | 1 | 40 | 6 | | | |
| IV | 0 | 18 | 18 | 1 | 36 | 34 | | | |
| V | 3 | 18 | 15 | 1 | 55 | 27 | | | |
| $R_G$ | $12^5$ | 97 | $84^5$ | ,97 | 716 | 150 | | | |

MASSICOTTE SYLVIE* résultat marginal

| | $X_p$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $\bar{T}_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | $2^5$ | $2^5$ | ,14 | 67 | 10 | | Equation mal équilibrée au niveau $O_2$<br>Seule la question a est correcte. | |
| ⇄ | 0 | 10 | 10 | 1 | 55 | 10 | | | |
| II | 2 | 3 | 1 | ,06 | 172 | 23 | 27- 2 dernières cases;<br>28-1 non fait. | Tissu d'erreurs peu compréhensibles. | |
| III | 4 | 13 | 9 | ,64 | 55 | 4 | | Correspondances molaires exactes mais calcul volume $O_2$ faux. | |
| IV | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | | Néant. | |
| V | 0 | $14^5$ | $14^5$ | ,81 | 50 | 23 | | Mauvaise correspondance molaire entre $Fr_3O_4$ et Al;<br>ne ramène pas à 1 mol de $Fe_3O_4$. | |
| $R_G$ | 6 | 43 | 37 | ,39 | 597 | 125 | | | |

LAVOIE DENIS 04

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | $7^5$ | 18 | $10^5$ | 1 | 110 | 1 | 12- erreur personnelle:<br>13- erreur personnelle:<br>ajouter: "précise l'état physique".<br>37- ajouter: "voir l'énigme p.4.<br>41- 0,154 et modifier tous les items où la valeur 0,153 intervient.<br>question subsidiaire 2: non répondu. | | |
| ⇄ | $5^5$ | 10 | $4^5$ | 1 | 60 | 18 | | | |
| II | 0 | 18 | 18 | 1 | 250 | 22 | 1-1 ex.1 a moins b OK donc OK.<br>1-4: I 2 b c f h i; II d e g.<br>Séquence I items 6-7-8<br>$\frac{3,17}{3} = 1,06 \longrightarrow 1,06 \times 229 =$<br>243 g.<br>17-2 n'a pas su répondre.<br>29- oui b oui. | | |
| III | 0 | 18 | 18 | 1 | 70 | 13 | | | |
| IV | 4 | 18 | 14 | 1 | 60 | 40 | | | |
| V | 2 | 18 | 16 | 1 | 55 | 28 | | | |
| $R_G$ | 19 | 100 | 81 | 1 | 720 | 175 | | | |

## LEMAIRE LYNE 04

| | $X_{\beta}$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $T_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 8 | $16^5$ | $7^5$ | ,75 | 68 | 12 | | Question a mal lue | |
| ⇄ | 4 | 10 | 6 | 1 | 61 | 27 | 5- nom principe non connu (ce n'est pas la 1ère fois)<br>7- pas répondu;<br>8- oubli raison 3;<br>9- ex.1 dernier choix a<br>14- erreur calcul. | chiffres significatifs. | 5- Si voie rapide nom du principe n'est pas rappelé. |
| II | 0 | $17^5$ | $17^5$ | ,97 | 222 | 17 | Ex.1: 1-1 diff. non vue;<br>1-4: I a, b, h.<br>II c d e f g i<br>27- 2 dernières cases. | | |
| III | 0 | 18 | 18 | 1 | 53 | 7 | 10- non; 15 9 molécules | | |
| IV | 8 | 18 | 10 | 1 | 46 | 15 | | | |
| V | 0 | 16 | 16 | ,89 | 64 | 18 | | Etourderie de calcul. | |
| $R_G$ | 20 | 96 | 76 | ,95 | 760 | 140 | | | Satisfaction. |

## LOUIS SEIZE SYLVIE 04

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 | $15^5$ | $13^5$ | ,84 | 95 | 20 | | | |
| ⇄ | 0 | 10 | 10 | 1 | 60 | 20 | | | |
| II | 0 | $16^5$ | $16^5$ | ,92 | 278 | 24 | 1-4: I a b f g h i,<br>II c d e<br>8-2: la plus que de produit formé.<br>27- 2 dernières cases. | mol. soluté mélange ≃ % pureté appliqué à mol. | |
| III | 0 | 13 | 13 | ,72 | 50 | 12 | | Correspondance molaire OK, mais étourderie de calcul au niveau calcul mol. et volume. | |
| IV | 3 | 16 | 13 | ,87 | 35 | 25 | | Etourderie de calcul. | |
| V | 0 | 18 | 18 | 1 | 22 | 17 | | | |
| $R_G$ | 5 | 89 | 84 | ,88 | 821 | 175 | | | |

LOUISE BELANGER 05

| | $X_p$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $T_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 15 | 17 | 2 | ,66 | 0 | 0 | | Etourderie écriture formule chimique. | |
| ↓↑ | 10 | 10 | 0 | / | 0 | 12 | | | |
| II | 16 | $16^5$ | 0,5 | ,33 | 144 | 14 | 27: 2 dernières cases. | % pureté appliqués à mol et non à masse. | |
| III | 6 | 18 | 12 | 1 | 36 | 5 | | | |
| IV | 18 | 18 | 0 | / | 31 | 19 | | | |
| V | 18 | 18 | 0 | / | 31 | 18 | | | |
| $R_G$ | 83 | $97^5$ | $14^5$ | ,88 | 427 | 120 | 2 spécimens non étudiés. | | |

BOUCHER CLAUDE 05

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | 10 | 10 | ,56 | 78 | 12 | No.49 erreur personnelle 3,43. | Dernière question mal lue; calcul pour une mole de produit et non pas pour 1 litre. | |
| ↓↑ | 0 | 10 | 10 | 1 | 30 | / | 21- 7-5 au lieu de 5-7. N'a fait qu'un seul exemple item contrôle. | | |
| II | 0 | 13 | 13 | ,72 | 210 | 19 | | Réaction mal équilibrée- justification réactif en excès non faite. / % pureté $H_2SO_4$ appliqué au Vol. solution poids. Calculs: incomplets. | non faite non plus dans auto-contrôle. / c'est cette erreur qui est gênante. |
| III | 5 | 16 | 11 | ,85 | 50 | 9 | | Etourderies. | |
| IV | 7 | 18 | 11 | 1 | 45 | 25 | | | |
| V | $3^5$ | 18 | $14^5$ | 1 | 30 | 20 | | | |
| $R_G$ | $15^5$ | 85 | $69^5$ | ,82 | 677 | 80 | 2 spécimens non étudiés. | | |

CADOTTE YVES 05

| | $X_r$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $T_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | 9 | 9 | ,5 | 80 | 5 | | questions b et c fausses; a ~ ⟷ question subsidiaire correcte. Erreur calcul ds d | |
| II | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 | 10 | N'a étudié qu'un seul exemple de 22. 14- possible. | ? n'a rien écrit. | ?car étude correcte |
| II | $3^{25}$ | 18 | 15 | 1 | 170 | 14 | 27- 2 dernières cases; 28-1 non répondu. | | |
| III | 0 | 16 | 16 | ,89 | 40 | 4 | | Erreur étourderie calcul. | |
| IV | 0 | 18 | 18 | 1 | 35 | 25 | | | |
| V | $4^5$ | 16 | $11^5$ | ,85 | 30 | 18 | | Erreur de calcul. | |
| $R_G$ | $7^{75}$ | 77 | 69 | ,75 | ? | 130 | 2 spécimens non étudiés. | | |

NOEL FRANCINE 06

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | $13^5$ | 17 | $3^5$ | ,78 | 43 | 10 | | Rapport non calculé (question a) | |
| II | 0 | $9^{75}$ | $9^{75}$ | ,98 | 15 | 10 | 11: ? | | |
| II | 0 | $14^{25}$ | $14^{25}$ | ,79 | 117 | 17 | 8-4 Ex.1: 4 2 1 5 3 27: 2 cases | mol impure ? ($H_2SO_4$); % pureté sur nb. mol. ($NaHCO_3$ et $H_2SO_4$) et non pas sur masse totale. | M erreur mol. pures et impures ?? Comme si la solution n'était formée que d'un seul type de moles, une partie pure, l'autre impure. |
| III | $5^5$ | 13 | $7^5$ | ,60 | 45 | 6 | | mauvaise ⟶ ⟵ initiale. | |
| IV | 0 | 18 | 18 | 1 | 42 | 20 | | | |
| V | 0 | 18 | 18 | 1 | 23 | 25 | | | |
| $R_G$ | 19 | 90 | 71 | ,88 | 500 | 125 | | | |

PELLETIER PIERRE 06

| | $X_r$ | $X_p$ | $G_a$ | $G_r$ | $T_a$ | $T_c$ | ITEMS* | ERREURS POST-TEST | REMARQUES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 18 | 18 | 0 | / | 36 | 6 | Erreur personnelle no.49<br>3,43 au lieu de 3,42 | | |
| ↓↑ | 0 | 10 | 10 | 1 | 40 | 15 | 5- proportion définie<br>3a = 6c + d + c.<br>7- réponse difficile à prévoir.<br>18-3 2= 1 est-ce une relation entre coefficient? | | |
| II | 2 | 18 | 16 | 1 | 40 | 15 | | | |
| III | $4^5$ | 14 | $9^5$ | 0,7 | 19 | 4 | | Erreur calcul. | |
| IV | 2 | 18 | 16 | 1 | 20 | 13 | | | |
| V | 0 | 18 | 18 | 1 | 60 | 15 | | | |
| $R_G$ | $26^5$ | 96 | $69^5$ | ,95 | 370 | 110 | | | |

PETIT JOCELYN 06

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | $3^5$ | 9 | $5^5$ | ,38 | 135 | 9 | 21- difficile à comprendre. | Equation mal ⟶ à cause 0 ⟵ b non résolu; CM chose.<br>erreurs calcul. | |
| ↓↑ | 0 | 10 | 10 | 1 | 60 | 24 | 9- ? | | |
| II | 0 | 3 | 3 | ,17 | 275 | 10 | 26- réactif $N_2$;<br>27- avant dernière case. | % poids appliqué à une masse molaire-aucune compréhension, intervention %<br>pas d'étude réactif en excès<br>2e équation non résolue. | Echec absolu du programme. |
| III | 0 | 14 | 14 | ,78 | 45 | 7 | | Etourderie correspondance molaire. | |
| IV | 0 | 18 | 18 | 1 | 38 | 18 | 2 nouveaux items C-type IV | | |
| V | 0 | 18 | 18 | 1 | 54 | 30 | Exemple 3: 3A + 8B<br>$x_{molA} \hat{=} 8xB$ au lieu de<br>$x_{molA} \hat{=} \frac{8xB}{3}$<br>Erreur correspondance | | Cette erreur de correspondance est inadmissible. Il faut la corriger. |
| $R_G$ | $3^5$ | 72 | $68^5$ | ,71 | 800 | 165 | | | Beaucoup de temps pour ce programme. |